

3100096007869

TUGAS AKHIR
NE 1701

**STUDI PENGGUNAAN HEAVY FUEL OIL
CENTRIFUGES SEPARATOR PADA FUEL
OIL TREATMENT SYSTEM UNTUK MARINE
POWER PLANT**

RSke
623.87
Tam
S-1
1996



Oleh :

BASUKI OSCAR Y.N. TAMBUN
NRP. 491 420 0293

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	25-02-1996
Terima Oleh	H
No. Agtina 2-2	6142

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1996**



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK PERMESINAN KAPAL

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Telp. 5947254, 5947274
Psw. 262, 5944857, Fax 5947254

TUGAS AKHIR (NE. 1701)

a m a : BASUKI OSCAR YUSAK N. TAMBUN
omor Pokok : 491 420 0293
nggal diberikan tugas : September 1995
nggal diselesaikan tugas : Februari 1996

JUDUL KARYA TULIS :

**STUDI PENGGUNAAN HEAVY OIL CENTRIFUGES SEPARATOR PADA FUEL
OIL TREATMENT SYSTEM UNTUK MARINE POWER PLANT**

Dosen Pembimbing

Mahasiswa,

Buyung Farabi
P. 130 786 953

Basuki O.Y.N.T
NRP. 4914200293



Surabaya, September 1995
Kajur

Ir. Moch. Orianto BSE, MSc
NIP. 130 786 955

copy untuk : Arsip Jurusan
copy untuk : Arsip Dosen Pembimbing
copy untuk : Arsip Mahasiswa Ybs.

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENGGUNAAN HEAVY FUEL OIL CENTRIFUGES SEPARATOR PADA FUEL OIL TREATMENT SYSTEM UNTUK MARINE POWER PLANT

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pada
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Mengetahui / Menyetujui :

Dosen Pembimbing



Ir. BUYUNG FARABI

NIP. 130 786 953

SURABAYA

MARET, 1996

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat, karunia dan hikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sesuai dengan jadwal yang ditentukan.

Tugas Akhir adalah salah satu syarat bagi mahasiswa untuk memperoleh gelar kesarjanaan dalam kurikulum Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, dengan beban enam satuan kredit dari jumlah seluruhnya seratus lima puluh dua satuan kredit.

Tugas Akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Buyung Farabi, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. Amiadji selaku Dosen Wali dan Bapak Eddy Setyo K.,ST selaku Dosen Wali pengganti.
3. Bapak Ir. S. Tondohartono, selaku Dekan FTK-ITS.
4. Bapak Ir. M. Orianto, BSc, MSc, selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.
5. Bapak Ir. I Wayan Lingga Indaya, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.
6. Bapak Dr. Ir. A. A. Masroeri, selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.

7. Bapak-Bapak Dosen Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.
8. Pimpinan Unit PDN V Pertamina dan seluruh staf yang membantu penulis.
9. Pimpinan PT. Pelayaran Meratus dan seluruh staf yang membantu penulis.
10. Karyawan PT.PAL Surabaya dan PT. Separindo Permai Jakarta.
11. Terima kasih yang tidak terhingga kepada Mama dan Papa, kakak ARY Toronata Tambun dan adik saya Cyska Tambun atas dorongan dan doanya selama ini.
12. Sahabat-sahabat, rekan-rekan dan semua pihak yang membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Karena keterbatasan waktu, fasilitas laboratorium dan literatur Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan dan kesalahan penulisan pada Tugas Akhir ini dan untuk itu penulis mengharapkan segala koreksi dan saran bagi kemajuan penulis di masa yang akan datang.

Besar harapan penulis Tugas Akhir ini akan bermanfaat bagi kemajuan teknologi kelautan di Indonesia dan Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.

Surabaya, Maret 1996

Penulis,

Basuki Oscar Yusak N.Tambun

NRP. 491 420 0293

ABSTRAK

Efisiensi penggunaan bahan bakar merupakan hal yang paling menonjol dalam operasional sebuah diesel engine sehingga pabrik-pabrik pembuat diesel engine mendisain ruang pembakaran sedemikian sehingga pembakaran dapat terjadi walaupun menggunakan bahan bakar jenis MFO-Marine Fuel Oil (minyak bakar) dengan menambah suatu treatment tertentu (Settling tank - Pump system - Pre-heater -Fuel Oil Treatment Plant with Centrifugal Separator - Service tank - Diesel Engine) yang memerlukan biaya investasi awal relatif cukup tinggi. Treatment system pada fuel oil ini harus dapat menjamin kemampuan mendapatkan bahan bakar yang sesuai dengan spesifikasi yang di minta oleh pabrik pembuat motor diesel, agar mendapatkan pembakaran yang baik dan mengurangi kerusakan serta mencegah terjadinya korosi pada ruang bakar (combustion chamber) diesel engine, percepatan kerusakan dalam komponen diesel engine diantaranya.

Kemudahan pengoperasian dan efisiensi yang baik pada centrifuge separator merupakan salah satu parameter untuk mendapatkan kualitas bahan bakar yang baik.

Selanjutnya dalam penulisan tugas akhir ini akan dilakukan suatu studi penggunaan heavy oil centrifuge separator generasi terbaru dalam suatu treatment system bahan bakar pada sebuah kapal yang menggunakan bahan bakar minyak diesel (MDF-Marine diesel Fuel) dan menggunakan manual -cleaning centrifuge. Pembahasan masalah akan didekati dengan mempelajari efisiensi centrifugal separator dengan mengambil suatu sampel bahan bakar sebelum melalui separator dan sesudah melewati separator dalam suatu pelayaran kapal tersebut. Selanjutnya sampel bahan bakar akan dianalisa karakteristik dan kadar kandungannya pada laboratorium bahan bakar PDN Pertamina dan selanjutnya data-data hasil pengujian akan dibandingkan dengan pengujian yang sudah dilakukan pembuat centrifuge separator.

DAFTAR ISI

SURAT TUGAS	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DATAR NOTASI	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang Masalah	I-1
1.2. Pembatasan Masalah	I-4
1.3. Tujuan Penulisan	I-5
1.3.1 Tujuan Umum	I-5
1.3.2 Tujuan Khusus	I-6
1.4. Metodologi Penulisan	I-7
BAB II BAHAN BAKAR MINYAK UNTUK PERKAPALAN	II-1
II.1. Struktur Molekul Hidrokarbon	II-1
II.2. Proses Penyulingan Bahan Bakar	II-5
II.3. Karakteristik Bahan Bakar Minyak	II-13
II.4. Bahan Bakar Minyak Pertamina	II-19

II.4.1. Minyak Bakar	II-19
II.4.2. Minyak Diesel	II-20
II.4.3 Spesifikasi Bahan Bakar	II-20
BAB III CENTRIFUGAL SEPARATOR	III-1
III.1. Jenis Centrifuges Separator	III-3
III.1.1 Filtration Centrifuges	III-3
III.1.2 Sedimentation Centrifuges	III-4
III.1.2.1.Tubular Bowl Type Centrifuges	III-4
III.1.2.2 Disc Type Cetrifuges	III-5
III.2. Teori Separasi	III-5
III.2.1 Prinsip Dari Clarification	III-7
III.2.2 Prinsip Dari Purification	III-7
III.2.3 Gravity Disc	III-9
III.2.4 Mekanisme Teori Pemisahan	III-12
III.3 Komponen Utama Separator	III-14
III.4 Syarat-Syarat Efisiensi Separasi	III-15
III.4.1. Self Cleaning	III-15
III.4.2. Gravity Disc dan Pemilihannya	III-17
III.4.3. Interface Control	III-20
BAB IV METODE PENGUJIAN DAN ANALISA PERMASALAHAN	IV-1
IV.1. Data Kapal	IV-1
IV.2. Data Main Engine	IV-1

IV.3. Data Separator	IV-2
IV.4. Metode Pengujian	IV-3
IV.4.1. Specific Gravity (ASTM D-1298)	IV-3
IV.4.2. Flash Point (ASTM D-93)	IV-7
IV.4.3. Viscosity Redwodd I/100 F (ASTM D-445~Redwood)	IV-8
IV.4.4. Water Content (ASTM D-95)	IV-10
IV.4.5. Sulphur Content (ASTM D-1551)	IV-12
IV.4.6. Pour Pont (ASTM D-97)	IV-14
IV.5 Hasil Pengujian Bahan Bakar	IV-15
IV.6 Hasil Pengujian Pabrik Pembuat Separator	IV-16
IV.7 Pembahasan Masalah	IV-17
IV.7.1. ALCAP- High Density Separator	IV-19
IV.7.2. Westfalia Separator	IV-21
BAB V KESIMPULAN	V-1
DAFTAR PUSTAKA	VI-1
LAMPIRAN	

DAFTAR NOTASI

Δh	: Perbedaan tinggi phase heavy liquid dan phase light liquid	
P_1	: Tekanan pada phase light liquid	
P_2	: Tekanan pada phase heavy liquid	
ρ_1	: Masa jenis pada phase light liquid	
ρ_2	: Masa jenis pada phase heavy liquid	
h_1	: Tinggi antara phase light liquid dengan transzone light/heavy liquid	
h_2	: Tinggi antara phase heavy liquid dengan transzone light/heavy liquid	
R	: Jari-jari dari sumbu separator dengan transzone light/heavy liquid	
r_1	: Jari-jari antara phase light liquid dengan sumbu separator	
r_2	: Jari-jari antara phase heavy liquid dengan sumbu separator	
Δr	: Perbedaan jari-jari phase heavy liquid dan phase light liquid	
h_o	: Tinggi antara oil dengan interface oil/water	
h_w	: Tinggi antara water dengan interface oil/water	
D	: Diameter separator dari interface oil/water	
Q	: Treating quantity	cc/s
ρ_1	: Density of solid particle	g/cm ³
ρ_L	: Density of liquid	g/cm ³ .
g	: Acceleration of gravity	cm/s ² .
d	: diameter of partikel caught	cm
μ	: Absolute viscosity	g/cm.s
S	: Centrifugal sedimentation area	cm ² .
n	: Number of discs	
ω	: Angular velocity of bowl	l/s
θ	: Disc half angle	deg.
r_1	: Inside radius of disc	cm
r_2	: Outside	cm

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan mutu bahan bakar minyak Pertamina dengan spesifikasi bahan bakar ASTM dan British Standard	II-22
Tabel 2.2 Spesifikasi bahan bakar engine builder (MAN B&W S35 MC)	II-23
Tabel 4.2 Limiting Condition and Test Temperatures	IV-4
Tabel 4.2 Tabel Hasil Pengujian	IV-16
Tabel 4.3 FOBAS analysis for Westsalia Separator Centrifuges	IV-16
Tabel 4.4 Sulzer Bros Ltd. analysisfor ALCAP system	IV-17

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Beberapa ikatan kimia Parafin	II-2
Gambar 2.2 Gambar ikatan kimia Alkenes	II-2
Gambar 2.3 Beberapa ikatan kimia Cyclones	II-3
Gambar 2.4 Beberapa ikatan Acetylenes	II-4
Gambar 2.5 Beberapa ikatan Aromatics	II-4
Gambar 2.6 Hubungan antara relatif density	II-5
Gambar 2.7 Refining process for fuel production	II-6
Gambar 2.8 Atmospheric (straight-run) method of crude oil distillation	II-8
Gambar 2.9 Vacuum distillation and visbreaking processes	II-11
Gambar 2.10 Catalic cracking process	II-13
Gambar 2.11 Hubungan antara sistem kinematik viskositas dan Redwood viskositas	II-15
Gambar 3.1 Gravity sedimentation dan centrifugal sedimentation	III-6
Gambar 3.2 Prinsip kerja clarification	III-7
Gambar 3.3 Purifikasi karena pengaruh gaya gravitasi	III-8
Gambar 3.4 Purifikasi karena oengaruh gaya separator	III-8
Gambar 3.6 Gravity disc ilustrasi	III-9
Gambar 3.7 Gravity disc ilustrasi	III-9
Gambar 3.8 Gravity disc ilustrasi	III-10
Gambar 3.9 Gravity disc prinsip	III-11

Gambar 3.10	Gravity disc prinsip	III-11
Gambar 3.11	Ilustrasi mekanisme dan teori pemisahan	III-14
Gambar 3.12	Ilustrasi mekanisme dan teori pemisahan	III-14
Gambar 3.13	Ilustrasi mekanisme dan teori pemisahan	III-14
Gambar 3.14	Ilustrasi mekanisme dan teori pemisahan	III-14
Gambar 3.15	Self cleaning centrifuge bowl	III-17
Gambar 3.16	Ilustrasi interface minyak/air pada centrifugal bowl	III-19
Gambar 4.1	Hydrometer Scale Reading for Transparent Fluids	IV-6
Gambar 4.2	Hydrometer Scale Reading for Opaque Fluids	IV-6
Gambar 4.3	Pensky-Martens Closed Flash Tester	IV-7
Gambar 4.4	Cannon-Fenske Routine Viscometer for Transparent Liquids	IV-9
Gambar 4.5	Typical Assembly with Glass Still	IV-10
Gambar 4.6	Konsep umum dari Alfa-Laval ALCAP centrifuge system	IV-21
Gambar 4.7	Diagrammatic arrangement dari Westfalia Unitrol	IV-22

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	: Typical test bahan bakar minyak Pertamina
LAMPIRAN 2	: ASTM D 396-80
LAMPIRAN 3	: BS MA 100 Fuels for marine oil engines & boiler
LAMPIRAN 4	: CIMAC Requirements for specification of Intermediate marine fuels
LAMPIRAN 5	: Bagian-bagian utama separator
LAMPIRAN 6	: Peralatan centrifuge separator system.
LAMPIRAN 7	: Diagram pemilihan gravity disc.
LAMPIRAN 8	: Rekomendasi separator MAN B&W S 35 MC
LAMPIRAN 9	: Data-data pengujian lainnya
LAMPIRAN 10	: Diagram Mitsubishi separator unit
LAMPIRAN 11	: Gambar Mitsubishi SELFJECTOR unit
LAMPIRAN 12	: Piping diagram KM CARAKA JAYA NIAGA III/17

The Lord is my Shepherd

The Lord is my shepherd,
I shall not want,
He makes me lie down in green pastures;
He leads me besides quiet waters.
He restores my soul;
He guides me in the paths of righteousness
For His name's sake

Even though I walk through
the valley of the shadow of death,
I fear no evil; for Thou art with me;
Thy rod and Thy staff, they comfort me
Thou dost prepare a table before me
in the presence of my enemies;
Thou has anointed my head
with oil; My cup overflows.
Surely goodness and lovingkindness
will follow me all the days of my life
And I will dwell in the house of the Lord forever.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Industri perkapalan di Indonesia mempunyai prospek yang relatif meningkat, mengingat kebutuhan armada kapal-kapal baik kapal-kapal niaga maupun kapal-kapal perang masih belum memenuhi kebutuhan untuk penghubung transportasi laut ataupun menjaga kawasan Indonesia yang luas perairannya mencapai 2/3 dari luas negara Republik Indonesia.

Pemakaian motor diesel sebagai penggerak utama (prime mover) di kapal atau pembangkit tenaga pada industri kelautan (marine power plant) merupakan penggerak utama yang relatif lebih banyak digunakan dibandingkan dengan penggerak utama yang lain seperti gas turbine, steam turbine atau nuclear power plant.

Efisiensi penggunaan bahan bakar merupakan hal yang paling menonjol dalam operasional sebuah diesel engine atau kapal. Hal ini membuat pabrik-pabrik pembuat diesel engine mendisain ruang pembakaran sedemikian sehingga pembakaran dapat terjadi walaupun menggunakan bahan bakar jenis Heavy Fuel Oil (HFO) yang sudah melalui treatment tertentu. Bahan bakar jenis HFO yang paling banyak tersedia mempunyai viscosity di bawah 700 cSt at 50° C (7000

sec. Redwood I at 100° F) dan specific gravity pada 15° C = 0,991 g/ml¹ dan memiliki API gravity = 11,3 °.

Permasalahan yang akan timbul jika memilih bahan bakar HFO adalah harus diimbangi dengan menambah suatu treatment system bahan bakar (Settling tank - Pump system - Pre-heater -Fuel Oil Treatment Plant with Centrifugal Separator - Service tank - Heater- Diesel Engine) yang memerlukan biaya investasi awal relatif cukup tinggi. Treatment system pada HFO ini harus dapat menjamin kemampuan mendapatkan bahan bakar yang sesuai dengan spesifikasi pabrik pembuat motor diesel, sehingga akan mendapatkan pembakaran yang baik dan mengurangi kerusakan serta mencegah terjadinya korosi pada ruang bakar (combustion chamber) diesel engine. Beberapa fungsi dari treatment system ini adalah untuk mendapatkan viskositas, temperatur bakar yang sesuai dengan kebutuhan engine dan mengurangi prosentasi kadar kandungan kotoran-kotoran yang terkandung di dalam bahan bakar. Kotoran yang dimaksud adalah butiran-butiran debu (ash content ≤ 0.15 % mass), kadar air (water content ≤ 1.0 % volume), kadar besi, Vanadium (≤ 600 ppm), Sulphur (≤ 5.0 % mass), Carbon residue(22% mass); dimana kotoran-kotoran tersebut berasal dari proses penyulingan, penyimpanan pada bunker dan storage tank, pengembunan dan sistem instalasi perpipaannya. Jika bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar mengandung kotoran-kotoran yang prosentasenya relatif tinggi maka akan menyebabkan percepatan kerusakan dalam komponen diesel engine diantaranya:

¹ Matthew F. Winkler, Fuel and Fuel Treatment, Marine Engineering, Harrington ,R.L, SNAME, hal 449

cylinder liner, piston rings, piston, elemen dari pompa injeksi bahan bakar dan katup injeksi bahan bakar. Efek lain yang akan timbul adalah kebocoran pada katup masuk dan katup buang pada kepala silinder.²

Dalam perkembangannya penggunaan Automatically-Controlled Centrifugal Separator pada treatment bahan bakar (Settling tank - Pump system - Pre-heater -Fuel Oil Treatment Plant with Centrifugal Separator - Service tank - Diesel Engine)³ di kapal dapat mengatasi permasalahan-permasalahan yang timbul walaupun pemilik kapal menggunakan bahan bakar HFO. Jika misalnya bahan bakar jenis HFO yang mempunyai spesifik density sebesar 1,01 g/ml pada 15° C akan dikurangi kadar airnya (must be de-watered) yang mempunyai spesifik density 1.00 g/ml, maka diperlukan suatu pemanasan paling tidak sampai pada temperatur 98° C. Pemanasan ini akan membuat spesifik density bahan bakar dan air mengalami penurunan 0.957 g/ml untuk bahan bakar dan 0.96 g/ml pada air. Perbedaan density yang sangat rendah antara HFO dengan fresh water akan menimbulkan masalah pada kerja suatu centrifugal separator. Pemakaian alat kontrol dan penggunaan sistem monitoring yang dikembangkan centrifuges separator jenis terbaru dapat menjamin pemantauan pengurangan kadar kandungan air dan level solids pada bahan bakar yang digunakan dalam centrifuge bowl secara kontinu (continous monitoring) walaupun perbedaan density sangat kecil.

²Dipl.-Ing. Kurt Poprawa, 'New Process Designs And Experiences In The Field Of The New Generation Of HFO Centrifuges And Plants', Marine Propulsion Conference, 1989, hal 4.

³Westfalia Separator brochure, 'Oil and Sludge Treatment Concepts for Marine Power Plant', 1993, hal 18

Dalam penulisan tugas akhir ini akan dilakukan suatu studi penggunaan heavy oil centrifuge separator dalam suatu treatment system bahan bakar untuk marine power plant, yang dalam hal ini pada diesel engine. Pembahasan masalah akan didekati dengan mempelajari efisiensi centrifugal separator dengan menggunakan data-data hasil pengujian suatu percobaan yang sudah dilakukan oleh staf ahli pembuat centrifuge separator dan suatu studi lapangan di suatu kapal yang menggunakan bahan bakar Marine Fuel Oil atau MDO yang diproduksi Pertamina dan centrifuge separator, dengan mengambil suatu sampel bahan bakar sebelum dan sesudah melewati separator dalam suatu pelayaran kapal tersebut. Sampel bahan bakar akan dianalisa karakteristik dan kadar kandungannya pada laboratorium bahan bakar PDN Pertamina . Selanjutnya data-data hasil pengujian akan dianalisa dengan melihat prosentase kadar kandungan bahan bakar (air, sulphur, viscositas dan flash point) setelah melalui proses centrifuging dengan membandingkan pada brochure separator dan studi operasional centrifuge separator di kapal.

1.2 PEMBATASAN MASALAH

Karena keterbatasan literatur dan waktu, secara umum tugas akhir ini dibatasi pada permasalahan sampai sejauh mana efisiensi penggunaan Centrifuge Separator dalam hubungannya dengan kualitas bahan bakar yang dihasilkan. Efisiensi centrifuge ditinjau dari hasil prosentase kadar kandungan bahan bakar (air, sulphur, viscositas dan flash point) setelah melalui proses centrifuging.

Secara khusus agar pembahasan tidak keluar dari tujuan perencanaan semula, dan dengan keterbatasan pada literatur, data dan waktu maka dibuat batasan-batasan sebagai berikut :

- Hanya pada treatment sistem bahan bakar (Settling tank - Pump system - Pre-heater -Fuel Oil Treatment Plant with Centrifugal Separator - Service tank - Heater- Diesel Engine), atau tidak membahas treatment system pada sistem pelumas dan sludge system.
- Hanya pada sistem bahan bakar untuk marine power plant khususnya diesel engine yang digunakan di kapal-kapal.
- Treatment system yang dibahas hanya pada unit centrifuge separator dimana komponen lain dianggap bekerja dengan baik. Atau sistem bahan bakar tidak dibahas secara detail dan spesifik.
- Separator yang digunakan adalah jenis sedimentation, disc-type centrifuges separator.
- Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar yang diproduksi Pertamina untuk industri perkapalan atau bahan bakar marine yang diproduksi di Indonesia.
- Tidak membahas masalah analisa biaya pada sistem bahan bakar atau treatment system-nya.

1.3 TUJUAN PENULISAN

1.3.1 TUJUAN UMUM

Dengan melakukan studi penggunaan suatu centrifuge separator generasi terbaru pada treatment system bahan bakar yang masih menggunakan centrifuge separator generasi terdahulu diharapkan akan dapat melihat seberapa besar efisiensi dan unjuk kerja unit separator, yang nantinya dapat menghasilkan bahan bakar yang optimum terhadap pembakaran atau yang sesuai dengan persyaratan pabrik pembuat diesel engine.

Diharapkan dengan penggunaan centrifuge separator generasi terbaru dan sistem tertentu pada treatment bahan bakar akan menghasilkan : nilai ekonomis yang lebih rendah, pengawasan yang lebih mudah, service, maintenance dan pengoperasian yang lebih mudah.

1.3.2 TUJUAN KHUSUS

1. Mempelajari karakteristik bahan bakar khususnya untuk bahan bakar marine diesel.
2. Mempelajari prinsip kerja centrifuge separator pada sistem bahan bakar di kapal.
3. Melakukan suatu studi laboratorium mengenai karakteristik dan kadar kandungan bahan bakar HFO yang digunakan di suatu kapal, sebelum dan sesudah melalui separator.
4. Mempelajari efisiensi dan unjuk kerja centrifuge separator yang digunakan dikapal tersebut.

-
5. Mencari solusi jika terjadi perbedaan hasil prosentase efisiensi antara brochure separator dan hasil studi laboratorium yang dilakukan.
 6. Diharapkan penulisan tugas akhir ini dapat memberikan masukan baru atau sebagai referensi dalam tugas perencanaan kamar mesin khususnya pada sistem bahan bakar yang menggunakan bahan bakar HFO.

1.4 METODOLOGI PENULISAN

Dalam penulisan tugas akhir ini langkah-langkah atau metodologi yang dipakai dalam penulisan ini adalah :

1. Studi literatur di perpustakaan ITS dan ruang baca FTK ITS.
2. Studi literatur dan konsultasi di PT. Separindo Permai - Westfalia Separator, Jakarta.
3. Studi literatur dan konsultasi di PT. PAL Indonesia Surabaya
4. Konsultasi dengan dosen pembimbing tugas akhir, Ir. Buyung Farabi.
5. Studi lapangan (mengikuti pelayaran) di kapal Caraka Jaya III/17-PT. Pelayaran Meratus (Surabaya-Banjarmasin -Surabaya).
6. Studi laboratorium di Laboratorium bahan bakar UPDN V Surabaya.

BAB II

BAHAN BAKAR MINYAK UNTUK PERKAPALAN

II.1 STRUKTUR MOLEKUL HIDROKARBON

Di dalam petroleum, senyawa organik yang paling banyak dikandung adalah hidrogen dan karbon atau biasa disebut hidrokarbon (*hydrocarbon*). Senyawa lain yang dikandung akan tetapi dalam jumlah yang relatif kecil adalah sulfur, oksigen, dan nitrogen.⁴

Saat ini, dalam petroleum hidrokarbon series mempunyai banyak jenis, dan hanya beberapa yang telah cukup dipelajari dalam perkembangan petroleum secara komersil. Struktur molekul hidrokarbon yang paling dikenal adalah parafin, olefin (alkenes), alkynes (acetylenes), Napthenes (cyclanes), Aromatic.⁵

a. Parafin (Rumus molekul C_nH_{2n+2})

Pada stuktur molekul parafin gugus isomer lebih panjang dibandingkan dengan cabang lurus.

Beberapa sifat dari parafin diantaranya adalah :

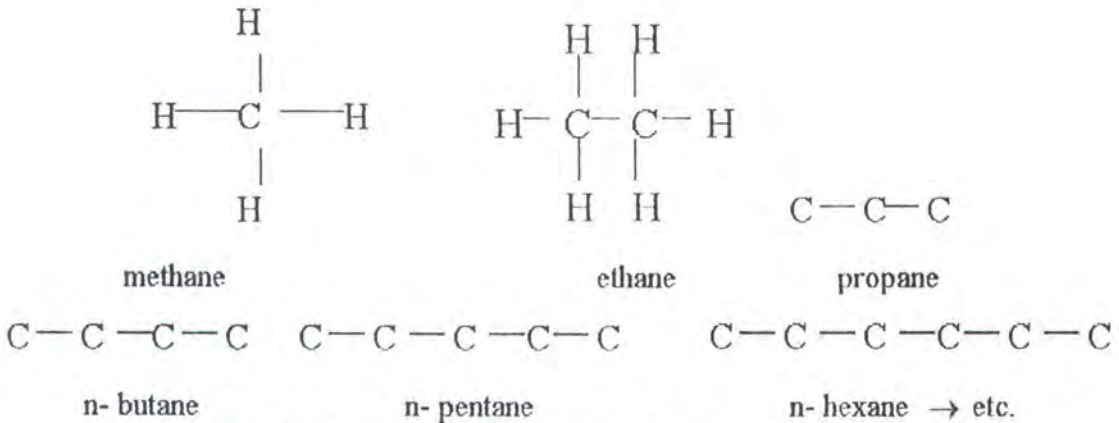
- Jenuh (ikatan C-C tunggal) sehingga stabil dalam penyimpanan
- Berisi banyak kandungan hidrogen sehingga :
 - > Nilai kalorinya tinggi

⁴ Nelson, W.L, *Petroleum Refinery Engineering*, McGraw-Hill, 1958, hal 9

⁵ Goodger, E.M, *Hydrocarbon Fuels Production, Properties and Performance of Liquids and Gases*, hal 26-27

- > Tingkat pengapiannya (spark-knock resistance) rendah kecuali dipindahkan pada cabang rantai isomer.

Beberapa susunan parafin diantaranya :



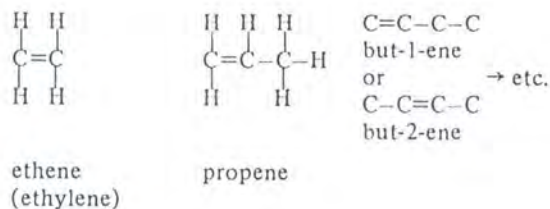
Gambar 2.1 Beberapa ikatan kimia parafin

b. Olefin- Alkenes (Rumus molekul C_nH_{2n})

Olefin mempunyai kadar karbon-hidrogen yang sifatnya sama dengan cyclanes (Napathenes), tetapi senyawa rantainya terbuka berisi ikatan ganda, sehingga tidak jenuh (unsaturated).

Beberapa sifat yang dimiliki oleh alkenes diantaranya adalah :

- Tidak jenuh (*unsaturated*) (mempunyai ikatan $\text{C}=\text{C}$), karenanya tidak stabil pada saat pembentukan ('oil-forming')
- Tidak terjadi secara alami; terbentuk selama penyulingan (refining)



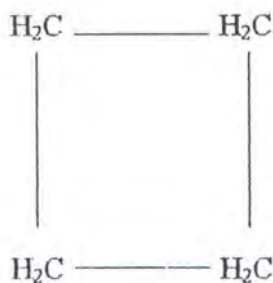
Gambar 2.2 Gambar ikatan kimia Alkenes: ethene(ethylene), propene, but 1-ene, but 2-ene,etc.

c. *Napthenes-Cyclones* atau *Cycloparaffin* (Rumus molekul C_nH_{2n})

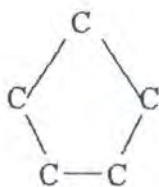
Beberapa bentuk ikatan senyawa Napthenes :



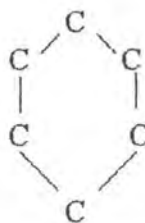
Cyclopropana



Cyclobutana



Cyclopentana



Cyclohexana

Gambar 2.3 Beberapa ikatan kimia cyclones.

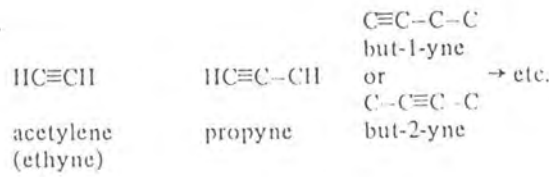
Cyclones mempunyai sifat diantaranya; jenuh (saturated) karenanya stabil, mempunyai struktur ring, pada struktur ring tersebut dua yang pertama (ring strain) mempunyai ikatan ring yang tegang.

d. *Alkynes* (rumus molekul C_nH_{2n-2})

Beberapa sifat yang dimiliki oleh alkynes adalah :

- Tidak jenuh (unsaturated), mempunyai ikatan triple $C\equiv C$ karenanya sangat tidak stabil.
- Disimpan dalam acetone solution

- Membutuhkan temperatur pembakaran dan kecepatan nyala api yang relatif tinggi.



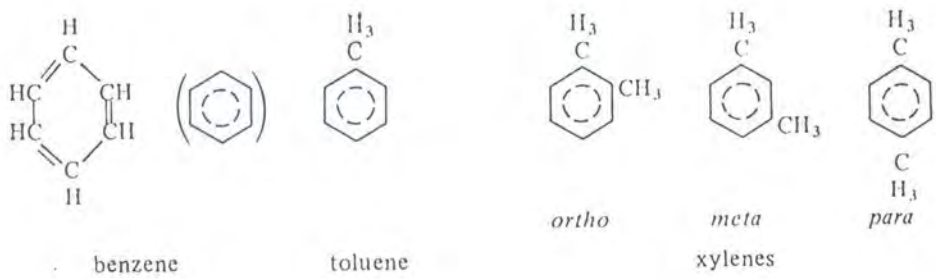
Gambar 2.4 Beberapa ikatan kimia acetylenes : acetylene(ethyne), propyne, but 1-yne, but 2-yne, etc

e. Aromatics (Rumus molekul $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$)

Aromatic mengandung inti ikatan benzena dan beberapa sifat dari aromatics:

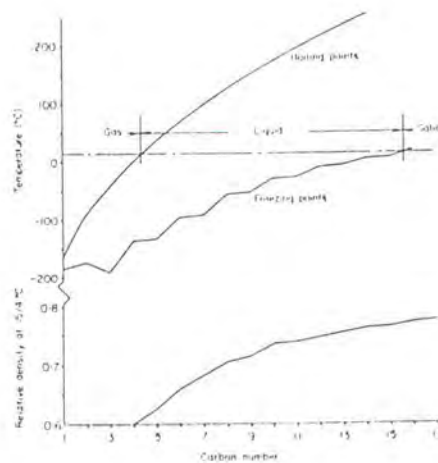
- Mempunyai struktur hidrokarbon yang tidak jenuh dan struktur rantai kimianya tertutup dengan rantai karbon yang double.
- Stabil tetapi kandungan C tinggi, karenanya asap (smoke) dan nilai kalori rendah (low calorific value).
- Mempunyai titik beku yang tinggi
- Tingkat pengapian yang bagus (spark-knock resistance)

Beberapa susunan aromatics :



Gambar 2.5 Beberapa ikatan kimia aromatics : benzene, toluene, xylenes (ortho, meta, para)

Menurut jumlah atom C yang dimiliki akan dapat diketahui apakah struktur molekul tersebut dalam bentuk cair, gas, padat, sehingga diperoleh suatu grafik yang dapat menunjukkan fasa dari stuktur molekul hidrokarbon, dimana jumlah atom C merupakan fungsi dari relative density dan temperatur. gambar 2.6 menunjukkan jumlah karbon dan relative density dan temperatur.



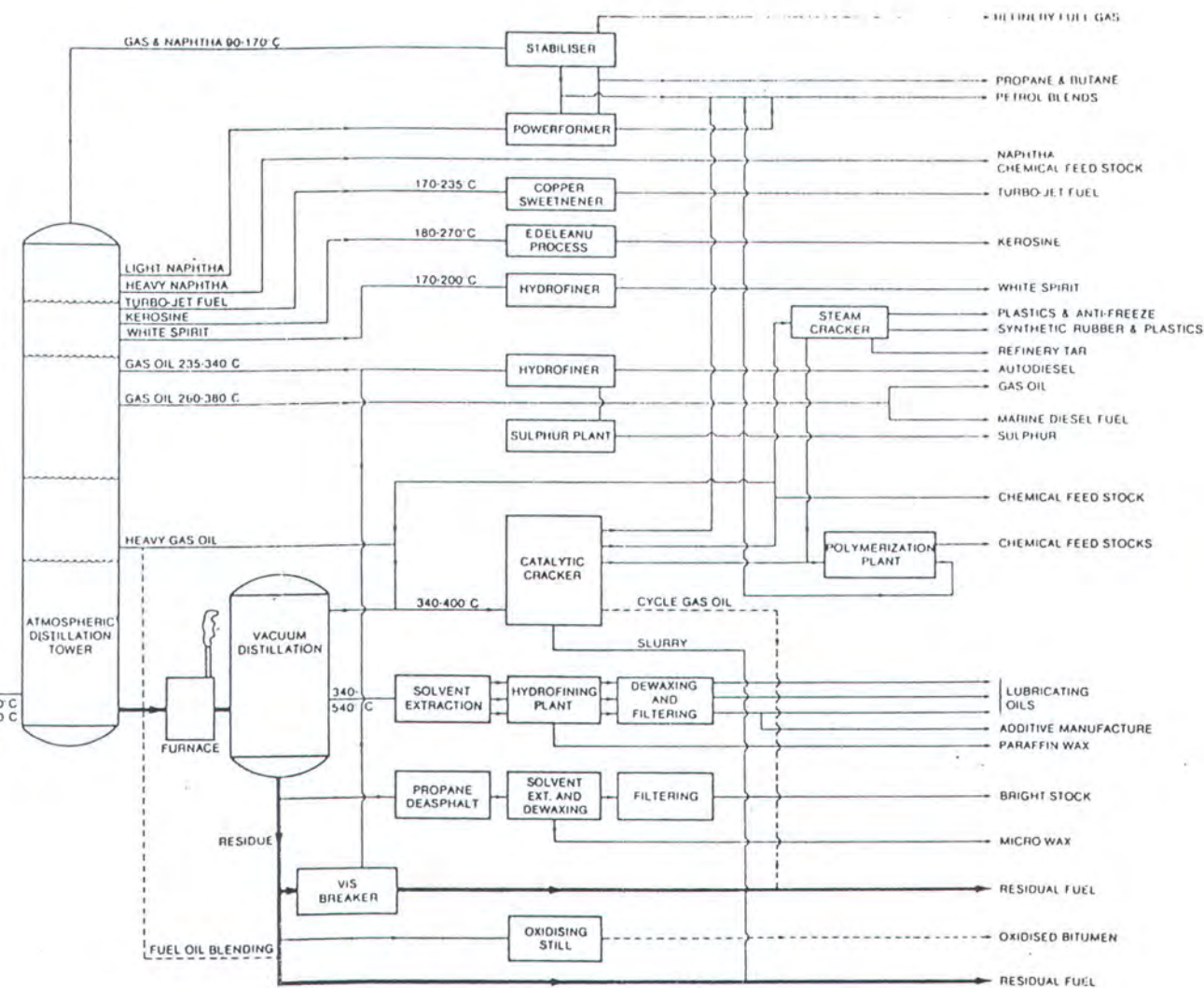
Gambar 2.6 Hubungan antara relatif density dan temperatur, diambil E.M Goodger

II.2 PROSES PENYULINGAN BAHAN BAKAR

Kualitas dari bahan bakar yang digunakan di kapal (marine fuel oil) bergantung pada proses penyulingan (refinery process) yang digunakan. Dari hasil proses penyulingan akan didapatkan karakteristik minyak mentah yang memenuhi bentuk susunan destilasi menengah (middle-distillate) atau susunan

bahan bakar residual (residual fuel). Secara umum hasil-hasil dari proses penyulingan dibuat dalam beberapa group:

1. *Volatile products* - liquefied gases dan natural gasoline.
2. *Light oils* - gasolines, rocket dan bahan bakar jet, solvents, bahan bakar traktor dan kerosene.



Gambar 2.7. Refining process for fuel production

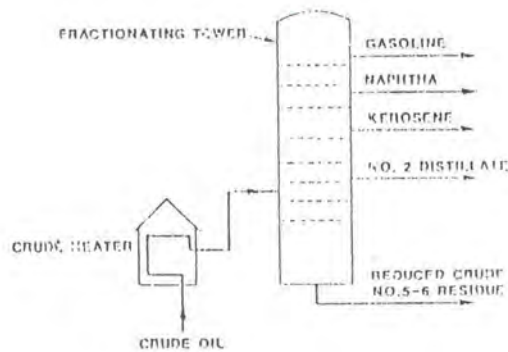
3. *Distillates* - range oil, furnace distillates, diesel fuel dan gas oil.
4. *Lubricating oils* - motor, engine, machine, cylinder, spindle, gear, etc., oils.
5. *Greases dan waxes* - parafin wax, microcrystalline wax, petrolatum, salve bases, dan grades.
6. *Residue* - fuel oils, coke, asphalt, carbon black, etc.
7. *Specialities* - medicinal products, hydrocarbon, chemical, insecticides, etc.

Akan dijelaskan beberapa proses penyulingan utama, dimana karakteristik produk yang dihasilkan dan pengaruh kualitas bahan bakar pada refinery-based blending dari produk yang berat dan ringan akan menghasilkan beberapa tingkatan bahan bakar intermediate dan residue.

Semua proses destilasi mempunyai prinsip kerja yang relatif sama. Peralatan dasar yang harus dimiliki sebuah unit destilasi adalah : (1) pipestells atau pemanas lain, (2) fractionating tower, (3) steam-stripping columns, (4) penukar panas, (5) condensers dan coolers, (6) pompa dan sistem pipa penghubung, (7) storage dan tangki akumulator dan (8) instrumentasi.

a. Fractional distillation (Atmospheric distillation)

Destilasi fractional adalah proses penyulingan yang paling tua dan yang paling umum digunakan, proses memerlukan temperatur sekitar 400°C untuk mendidihkan minyak mentah (crude oil) pada tekanan atmosfer di dalam sebuah fractionating tower. Gambar 2.8 menjelaskan proses destilasi atmosfer secara sederhana dalam bentuk skema.



Gambar 2.8 Atmospheric (straight-run) method of crude oil distillation.

Destilasi fractional adalah proses penyulingan awal dengan mengambil keuntungan dari perbedaan fraksi crude oil yang jangkauan titik didihnya (boiling point range) lebih tinggi. Crude oil ini mempunyai ikatan molekul hidrokarbon dengan jumlah atom karbon lebih banyak dan titik didih yang lebih tinggi. Crude oil terdiri dari beribu-ribu ikatan hidrokarbon yang berbeda-beda dan setiap ikatan hidrokarbon memiliki titik didih sendiri.

Dalam prakteknya adalah hal yang tidak mungkin menyuling hidrokarbon secara individu, sehingga proses destilasi ini membagi crude oil dalam bentuk fraksi-fraksi yang jangkauan berat molekulnya berbeda (atau jumlah karbon), menurut perbedaan jangkauan titik didihnya. Titik didih terendah dari sebuah fraksi dan ukuran rata-rata fraksi terkecil adalah unsur pokok molekul. Karenanya crude oil hasil destilasi dibagi dalam beberapa variasi produk khusus tergantung pada permintaan pasar.

Bahan bakar residu (residual oil) hasil proses destilasi atmosferic adalah bahan utama dari heavy oil yang digunakan dalam marine diesel dan kapal uap mulai dari tahun lima puluhan sampai awal tahun tujuh puluhan.⁶ Selain mempunyai nilai ekonomis yang lebih baik, bahan bakar HFO atau minyak bakar dapat memberikan pembakaran yang bersih, mudah ditreatment, mempunyai kestabilan penyimpanan yang baik dan compatibility (kecocokan) yang baik. Sebagai konsekuensi karena bahan bakar jenis HFO mempunyai specific gravity relatif tinggi, sekitar 0.980, proses pengurangan prosentase kadar air, endapan dan kadar solid memerlukan suatu treatment sistem tertentu di kapal. Hal ini menyebabkan investasi awal menjadi lebih besar.

b. Vacuum distillation

Distilasi vacuum adalah modifikasi versi dasar dari metode langsung (straight-run). Sangat sederhana, ketika tekanan di dalam menara distilasi/kondensi dikurangi di bawah tekanan atmosfer (partial vacuum), bahan bakar residu dari atmosferic proses akan bertambah menjadi destilasi berat (heavy destilate), konsentrasi impuritiesnya menjadi lebih tinggi dan kadar karbon menjadi meningkat di dasar vacuum (residual oil). Destilasi vacuum menghasilkan residual oil yang dapat menjadi persediaan dasar

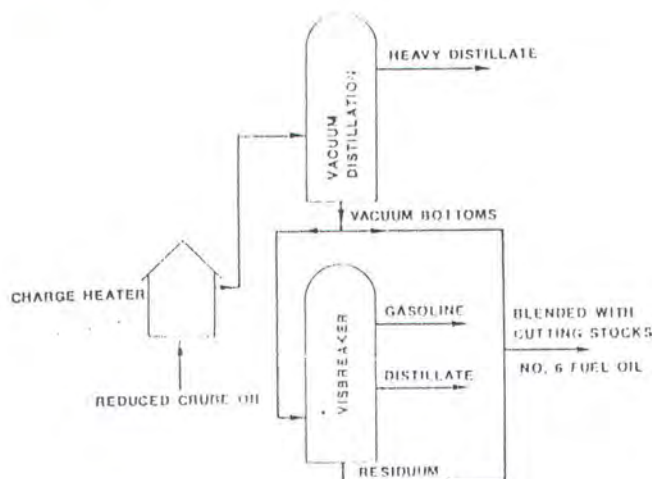
⁶Winkler, Matthew F, *Fuel and Fuel Treatment, Marine Engineering*, SNAME, 1992, hal 438

(feedstock) untuk proses penyulingan yang lain. Residual oil ini bukan untuk melayani pasar bahan bakar marine karena viskositasnya relatif tinggi.

Penyulingan yang lebih modern menggunakan vacuum destilasi unit, yang menggunakan pemanasan atmospheric residue sebagai persediaan dasar (feedstocks). Dalam desain secara umum, unit destilasi ini sama dengan destilasi atmospheric, dengan penampakan bergelembung (bubble trays), dan sumbat (caps). Unit ini merupakan destilasi fractioning sekunder yang dioperasikan pada sebuah unit yang ke-vakum-annya tinggi, yang mana dengan mengurangi titik didih (boiling point) dari hidrokarbon-hidrokarbon yang berbeda-beda dalam atmospheric residue sebagai feedstock.

Seperti yang terlihat pada gambar 2.9, dasar destilasi vakum dapat disuling lebih lanjut dengan menggunakan proses sekunder (secondary process) seperti breaking viskositas. Dalam prosedur feedstocks yang berada pada dasar vakum dipanaskan pada temperatur yang lebih tinggi dan tekanan yang lebih tinggi untuk proses cracking. Secara sederhana, viskositas feedstocks yang paling tinggi dihancurkan untuk proses destilasi lebih lanjut dan sebagai residuum, dengan mempertimbangkan viskositas yang lebih rendah dari viskositas feedstock yang original. Pada waktu hasil ini digunakan untuk residuum, sedikit bahan bakar marine atau tidak sama sekali dicampurkan dengan sebuah destilasi yang lebih ringan, dapat

mempunyai densitas yang meningkat (specific gravities) dan karakteristik yang kurang diinginkan dikarenakan kualitas penyalan (ignition) yang rendah, karbon residue yang lebih tinggi dan kadar aspal (asphaltenes contents) yang lebih tinggi. Ini membuat kestabilan menurun dan ke-compatible-an menurun dibandingkan dengan residual yang lain yaitu feedstock original. Karakteristik ini menjadi masalah baru dalam pengoperasian sebuah marine diesel power plant dan treatment sistem bahan bakar. Karena itu perlu digunakannya suatu proses campuran.



Gambar 2.9 Vacuum distillation and visbreaking processes

c. Cracking

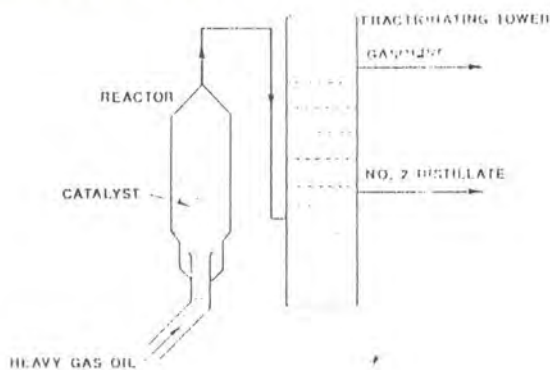
Ketika panas dipergunakan pada molekul hidrokarbon dalam suatu fase cair, beberapa hidrokarbon tersebut terbakar atau menguap; hal ini adalah prinsip dasar dari destilasi. Selanjutnya, jika panas

yang digunakan dan pada waktu oil di bawah tekanan, terjadi kecenderungan penurunan pada molekul hidrokarbon untuk dibebaskan sebagai uap. Jika temperatur terlalu tinggi, energi yang dibangkitkan melalui molekul-molekul yang terdiri dari ikatan karbon-hidrogen dan karbon-karbon diputuskan dan molekul-molekul tersebut dipatahkan (crack) menjadi dua molekul atau lebih, menjadi lebih kecil yang mempunyai perbedaan sifat-sifat kimia dan struktur. Selama cracking proses, yang paling utama adalah sifat kimianya, dimana hidrogen menjadi lebih pendek sehingga beberapa molekul yang terbentuk menjadi tidak stabil. Molekul-molekul tidak stabil ini (dekomposisi), dengan jumlah atom-atom karbon per-molekulnya lebih sedikit, adalah lebih mudah menguap (volatile).

Dua perbedaan dasar dari proses cracking mungkin yang dapat digunakan adalah thermal cracking dan fluid catalic cracking. Karena nama tersebut dinyatakan secara tidak langsung, thermal cracking membutuhkan temperatur yang sangat tinggi (sekitar 520-560 °C) dan tekanan yang sangat tinggi (umumnya sekitar 13 bar) untuk memisahkan molekul-molekul. Catalic cracking dapat dibawah keluar secara efektif pada temperatur dan tekanan yang lebih rendah (umumnya sekitar 490 °C dan 2 bar), biasanya pada destilasi feedstock yang buruk.

d. Katalisator Celah (Cataly c Cracking)

Catalytic cracking dikeluarkan di dalam sebuah unit proses yang sangat besar, yang menggunakan katalisator fluida, umumnya silica-alumina material dasar, dalam kontak langsung dengan feedstock. Proses catalytic cracking diilustrasikan pada gambar 2.10. Katalisator adalah substansi pembantu dan mempercepat reaksi kimia, tetapi katalisator tersebut mengalami perubahan komposisi yang tidak permanen. Bubuk katalisator mengalir sangat baik seperti fluida jika dijaga pada agitasi dan sirkulasi konstan oleh uap panas, udara dan uap (steam, air or vapor).



Gambar 2.10 Catalytic cracking process

II.3 KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR MINYAK

Karakteristik bahan bakar minyak untuk kelautan (marine fuel) mempengaruhi pengoperasian, penanganan dan treatment system-nya, sehingga dapat dikelompokkan menjadi sifat-sifat fisik dan sifat-sifat kimia. Berikut beberapa karakteristik bahan bakar minyak yang perlu diketahui secara umum adalah sebagai berikut :

- *Viskositas*. Viskositas adalah suatu harga yang menunjukkan tingkat kekentalan suatu cairan yang mempengaruhi cairan terhadap kemudahan pengalirannya. Atau dalam definisi yang lain viskositas adalah suatu ukuran dari besarnya perlawanan suatu bahan cair untuk mengalir atau ukuran dari besarnya tahanan geser dalam suatu bahan cair. Makin tinggi viskositasnya makin besar tahanan geser dalamnya. Viskositas bahan bakar akan meningkat jika didinginkan dan akan menurun jika dipanaskan. Untuk alasan ini viskositas selalu berhubungan dengan perubahan temperatur. Jika viskositas berdiri sendiri maka angka tersebut tidak mempunyai arti.

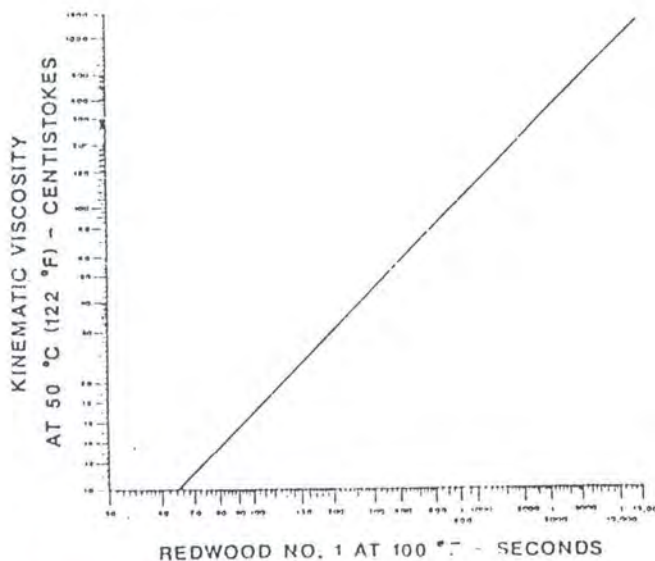
Viskositas ini diukur dengan mengukur waktu dari mengalirnya suatu minyak yang banyaknya telah ditentukan melalui melalui lobang suatu viskometer. Pada hasil besarnya viskositas selalu harus dibubuhkan nama viscometer yang dipergunakan dan tingginya suhu minyak pada waktu pengukuran.

Metode yang paling banyak digunakan dalam mengukur viskositas bahan bakar adalah dengan *metode kinematik*. Metode kinematika secara umum dianggap lebih akurat dibandingkan dengan metode Saybolt yang pada umumnya digunakan di Amerika atau metode Redwood dan Engler yang digunakan di negara-negara Eropa. Sebagai standard viskositas digunakan :

- a) Redwood I diukur dalam detik.

- b) Saybolt Universal diukur dalam detik.
- c) Engler diukur dalam °E (hasil bagi dari waktu mengalirnya minyak yang dimaksud dengan waktu mengalirnya air 200 cc pada suhu 29 °C dengan viskometer Engler).
- d) Kinematik diukur dalam centistoke.

Berikut adalah ilustrasi hubungan antara kinematik dan Redwood viskositas sistem. Sebagai kutipan pemakaian viskositas pada 100^o C lebih banyak dipakai dibandingkan viskositas 50^o C ini adalah persetujuan antara penyalur bahan bakar dan rekomendasi dari badan standarasasi internasional, ISO (Internasional Standards Organization), ASTM (American Society for Testing and Material dan BSI (British Standard Institution).



Gambar 2.11 Hubungan antara sistem kinematik viskositas dan Redwood viskositas

- *Berat Jenis (Density/specific gravity).* Spesific gravity bahan bakar adalah perbandingan antara berat bahan bakar minyak dengan berat air pada volume yang sama dan pada temperatur yang sama, umumnya pada

15.5° C (60° F). Specific gravity dideterminasikan dengan mengapungkan sebuah hydrometer di dalam bahan bakar dan mencatat angka pada level fuel yang berpotongan pada skala hydrometer. Koreksi harus dilakukan pada setiap perubahan temperatur pengambilan sampel.

Bahan bakar minyak umumnya mempunyai specific density antara 0.82 dan 0.96 atau dengan kata lain, bahan bakar minyak lebih ringan dari pada air. Di Amerika untuk spesifik gravity ini umumnya menggunakan satuan lain, yaitu derajat A.P.I. (American Petroleum Institute) dan dihitung sebagai berikut :

$$\text{API gravity (degree)} = \frac{141.5}{\text{specific gravity@ } 60^{\circ} \text{ F (15.5 } ^{\circ} \text{ C)}} - 131.5$$

Hal yang sangat penting dari specific gravity bahan bakar, bahwa teknik pemisahan minyak dengan air standard (fuel-water separating) bergantung pada perbedaan density dari dua substansi. Sehingga specific density yang mendekati 1.0 akan mengalami penurunan efektivitas. Bahan bakar marine sedapat mungkin kadar kandungan air dan garam dihilangkan. Jika specific gravity bahan bakar tinggi maka pada proses pemisahan dalam rangka mengurangi kadar kandungan air didalamnya akan mengalami kesulitan.

- *Carbon Residue.* Carbon residue adalah prosentasi dari material batu arang (coke material) sisa setelah sampel bahan bakar diuraikan pada temperatur tinggi. karena hal ini akan menyebabkan adanya kerak arang pada injektor-injektor diesel engine.

Pemeriksaan karbon (Conradson atau Ramsbottom test) diperlukan dimana, nilai Conradson carbon residue (CCR) dan micro carbon residue (MCR) adalah ukuran dari kecenderungan bahan bakar minyak pada pembentukan carbon deposit selama pembakaran dan menaksir kemungkinan pembentukan arang (Coke-forming) dari residual oil. Kadar carbon yang relatif tinggi menyebabkan adanya kerak arang pada injektor-injektor diesel engine sehingga akan mengalami kesulitan pembakaran dan mendapatkan karakteristik pembakaran yang buruk.

- *Sediment*. Sediment atau endapan di dalam bahan bakar terdiri dari bahan yang sukar dicairkan, termasuk pasir, karat dan catalic fines. Sediment mengandung kadar kandungan yang sangat abrasive dan material organik dimana jika bahan bakar banyak mengandung kadar sediment akan menyebabkan kerusakan pada high-pressure fuel pump dan fuel nozzle. Sediment hanya dapat dikurangi pada proses filtering dan centrifuging.
- *Kadar air (water)*. Kadar air terkandung dalam bahan bakar terjadi selama proses pengiriman (shipment), atau hasil kodensasi selama penyimpanan. Salah satu cara untuk menurunkan kadar kandungan air di dalam bahan bakar dengan menggunakan proses centrifuging. Pada HFO atau minyak bakar produksi Pertamina mempunyai kadar kandungan air yang sangat sedikit sekitar 0.1 % dari volume. Air di dalam minyak bakar akan menyebabkan matinya api di dalam dapur. Selain itu juga, air akan menyebabkan rusaknya injektor dari diesel engine tersebut.

-
- *Belarang (Sulphur Content)*. Kandungan kadar belarang terutama dalam bahan bakar minyak mentah bervariasi derajat dan ikatan kimianya. Semakin besar angka viskositas residual fraction maka kandungan sulphur semakin tinggi. Di dalam HFO produksi Pertamina kadar kandungan belarang relatif sedikit. Sekalipun demikian, berhubung belarang ini sifatnya merusak, maka pembatasan dari banyak nyabelarang adalah sangat penting di dalam spesifikasi bahan bakar.
Selama proses pembakaran, belarang beroksidasi dan menjadi belarang oksida (SO_2) atau belarang trioksida (SO_3). Oksida belarang ini adalah bahan-bahan yang merusak atau memakan logam, apalagi bila berhubungan dengan air.
 - *Compatibility*. Compatibility adalah hal yang sangat penting dalam penentuan kualitas bahan bakar. Bahan bakar yang kurang kompatibel dapat menyebabkan pompa injeksi merapat (sticking), injector deposit dan exhaust valve deposit.
 - *Kadar abu (Ash Content)*. Kadar abu adalah sisa-sisa minyak yang ketinggalan, setelah semua bagian yang dapat terbakar dalam minyak terbakar habis. dari kadar abu ini dapat diperkirakan banyaknya logam-logam yang terdapat di dalam minyak seperti karat besi, pasir dan elemen logam lainnya. Kadar abu ini dapat berasal dari minyak bumi dan dapat bertambah besar selama masa penimbunan.

II.4 BAHAN BAKAR MINYAK PERTAMINA

Jenis bahan bakar minyak untuk Industri perkapalan yang diperdagangkan Pertamina di Indonesia adalah; minyak solar (gas oil), minyak diesel (diesel oil), minyak bakar (fuel oil). Karena pada tugas akhir ini dibahas mengenai HFO atau dapat dikategorikan sebagai minyak bakar, maka akan dijelaskan mengenai minyak bakar atau HFO menurut kualitas yang diperdagangkan di Indonesia selain itu juga diperbandingkan dengan kualitas bahan bakar dari ASTM, BSI, ISO, dan CIMAC.

II.4.1. MINYAK BAKAR

Minyak bakar adalah bahan bakar minyak bukan jenis distilasi, tetapi jenis residue, yang lebih kental dan mempunyai titik tuang (pour point) yang lebih tinggi dari minyak diesel serta mempunyai warna hitam gelap.

Minyak bakar yang dipergunakan di industri besar, pembangkit listrik tenaga uap, dan industri perkapalan, dimana jika ditinjau dari segi ekonomi mempunyai nilai ekonomis yang lebih baik. Minyak bakar disebut juga MFO (marine fuel oil).

Minyak bakar ini tersedia pada instalasi-instalasi Pertamina di daerah Medan, Palembang, Jakarta, Panjang Padang, Surabaya, Ujung Pandang, Balikpapan, Cilacap, Meneng (Banyuwangi). Sedangkan pelabuhan pelabuhan yang memiliki bunker port dan mempunyai fasilitas pengisian bahan bakar jenis

minyak bakar ke kapal-kapal adalah ⁷; Belawan, Teluk Bayur, Palembang, Plaju, Tanjung Uban, Pulau Sambu, Tanjung Priok, Tanjung Emas, Cilacap, Tanjung Perak, Meneng, Balikpapan, Ujung Pandang.

II.4.2 MINYAK DIESEL

Minyak diesel adalah bahan bakar minyak jenis distillate yang mengandung fraksi-fraksi berat atau campuran dari jenis distillate dengan fraksi-fraksi yang berat (residual fuel oil) dan berwarna hitam gelap, tetapi tetap cair pada suhu rendah.

Minyak diesel ini dipergunakan sebahagai bahan bakar dari mesin diesel yang berputar sedang/lambat dan sering disebut sebagai MDF (Marine Diesel Fuel).

Minyak diesel terxedia di instalasi Pertamina di Medan, Palembang, Jakarta, Surabaya, Balikpapan, Cilacap, Meneng (Banyuwangi), Ujung Pandang, Balongan (Indramayu). Sedangkan bunker ports yaitu pelabuhan-pelabuhan yang mempunyai fasilitas pengisian bahan bakar minyak ke kapal-kapal adalah : Belawan, Palembang , Plaju, Tanjung Uban, Pulau Sambu, Tanjung Priok, Cilacap, Pulau Batam, Tanjung Perak, Panjang, Meneng, Balikpapan, Kupang, Ujung Pandang.

II.4.3. SPESIFIKASI BAHAN BAKAR MINYAK

⁷ *Bahan Bakar Minyak untuk Kendaraan Bermotor Diesel, Industri & Perkapalan*, Brosur PERTAMINA, Edisi 1991.

Secara umum untuk bahan bakar minyak ditentukan spesifikasi sebagai berikut:

- a) Spesifikasi dari The American Society for Testing and Material (ASTM).
 - ASTM D 975 -81, spesifikasi untuk bahan bakar diesel engine.
 - ASTM D 396 - 80, spesifikasi untuk bahan bakar burner (lower grade).
- b) Spesifikasi dari British Standards Institution (BSI)
 - BS 2869 : 1983, spesifikasi standard untuk diesel engine dan burner (non-marine engine).
 - BS MA 100 : 1982, spesifikasi standard untuk bahan bakar diesel engine dan boiler (marine engine).
- c) Rekomendasi dari International Council on Combustion Engine (CIMAC), klasifikasi dan spesifikasi dari intermediate marine fuel.
- d) Typical test figures Pertamina, minyak bakar yang diperdagangkan Pertamina di Indonesia tentunya disesuaikan dengan iklim Indonesia sehingga beberapa sifat-sifat bahan bakar tersebut tidak cocok dengan spesifikasi dari BSI, ASTM ataupun CIMAC.

Berikut adalah suatu kesimpulan dari hubungan antara typical test figures minyak bakar Pertamina dengan spesifikasi-spesifikasi grade HFO dari British Standard, ASTM dan CIMAC, di mana bakar minyak Pertamina mempunyai sifat-sifat yang mendekati spesifikasi tersebut. (lihat lampiran).

Tabel 2.1 Hubungan mutu bahan bakar minyak Pertamina dengan spesifikasi bahan bakar ASTM dan British Standard

<i>Specification marine fuel :</i>	ASTM* D396-80	BSI** BS-MA 100	CIMAC -5#	PERTA -MINA	PERTA -MINA
<i>Property</i>	<i>No.5 (heavy)</i>	<i>M5</i>	<i>RM- 15D##</i>	<i>Minyak diesel</i>	<i>Minyak bakar</i>
Density at 15° C (g/ml) (max.)	0.8247	0.9910	0.991	0.8646	0.9492
Kinematic viscosity at 40° C (cSt)(min.)	>58	-	-	-	-
(max.)	168	-	-	-	-
Kinematic viscosity at 80° C (cSt) (max.)	-	25.0	-	-	-
Kinematic viscosity at 50° C (cSt)(max.)	638	-	80	-	-
Redwood I viscosity at 100° F (Sec)(max.)	-	-	600	38.67	1160
Saybolt (SUS at 100° F) (min.)	>300	-	-	-	-
(max.)	900	-	-	-	-
Conradson carbon residue % mass(m/m)(max.)	-	14.0	14.0	-	-
Pensky Martens closed flash point (° C)(min.)	-	60.0	60.0	185 (° F)	208 (° F)
Water content % vol.(V/V)(max.)	1.0	0.8	0.8	0.02	0.10
Ash content % mass(m/m)(max.)	0.10	0.1	0.1	-	-
Sulphur content % mass(m/m)(max.)	2.0	4.0	4.0	1.3	3.2
Pour point (upper) (° C)	-	30	30	40 (° F)	50 (° F)
Vanadium content (ppm(mg/kg)), as V (max.)	-	350	350	-	-
Alumunium content (ppm(mg/kg))(max.)	-	-	30	-	-

* ASTM D396-80: standard specification for fuel oils, No. 5 (heavy)
(courtesy American Society for Testing and Material)
** BS MA-100 1982, Spesification for marine fuels
(courtesy British Standards Institution)
CIMAC classification, Specification of Intermediate marine fuel, April 1982
(Recommended by International Council on Combustion Engines (CIMAC))
ISO draft Specification in draft stage only.

Pabrik pembuat motor diesel (engine builder) biasanya mempunyai spesifikasi tertentu untuk bahan bakar, dimana biasanya ditulis dalam project guide, mengenai fuel sistemnya, juga merekomendasikan peralatan-peralatan yang digunakan untuk sistem bahan bakar dan treatment sistemnya. Sebagai contoh spesifikasi bahan bakar jenis HFO yang diminta engine builder (dimana data diambil dari MAN B&W S35MC) adalah

Tabel 2.2 Spesifikasi bahan bakar engine builder (MAN B&W S35 MC)

Property	Units	Value
Density at 15 ^o C	kg/m ³	≤ 991
Kinematic viscosity		
at 100 ^o C	cSt	≤ 55
at 50 ^o C	cSt	≤ 700
Flash Point	^o C	≤ 60
Pour Point	^o C	≤ 30
Carbon Residue	% (m/m)	≤ 22
Ash	% (m/m)	≤ 0.15
Total sediment after ageing	% (m/m)	≤ 0.10
Water	% (V/V)	≤ 1.0
Sulphur	% (m/m)	≤ 5.0
Vanadium	mg/kg	≤ 600
Alumunium + Silicon	mg/kg	≤ 80

m/m = mass V/V = volume

BAB III

CENTRIFUGAL SEPARATOR

Centrifugal separator merupakan operasi pemisahan atau pengurangan kuantitas air dan solid (separation operation) oleh gaya sentrifugal pada solid-liquid, liquid-liquid atau solid-heavy liquid-light liquid. Gaya sentrifugal yang digunakan pada operasi separasi ini beberapa ribu kali lebih besar dibandingkan dengan gaya gravity dan hal ini akan mempercepat proses separation.

Centrifugal separator atau biasa disebut centrifuge sering digunakan dan mungkin merupakan metode yang paling sering digunakan dan efisien dalam memurnikan bahan bakar jenis destilasi ataupun residual.¹ Centrifuges ini mempunyai keuntungan untuk mengurangi sebagian besar kuantitas air atau kadar solid. Dapat dioperasikan untuk mengurangi kadar partikel solid sekitar 3-5 μm , dan dapat di kategorikan dalam filter jenis fine filter.

Centrifugal separator adalah salah satu komponen dari treatment system pada sistem bahan bakar, sistem pelumas atau sistem sludge. Dalam perkembangannya, centrifugal separator dewasa ini menggunakan suatu alat kontrol dan sistem monitoring. Hal ini merupakan faktor yang paling esensial untuk menjamin efisiensi dan mengontrol pemisahan atau pengurangan prosentase kandungan benda-benda padat dan air dari bahan bakar yang

⁸ Clark, George H, CEng. FIMarE, Industrial and Marine Fuels reference Book, Butterworth, 1988, hal 22/7

sekarang digunakan serta dapat menjamin keamanan treatment system bahan bakar untuk waktu yang akan datang. Sebagai contoh dalam operasi dunia kelautan jika digunakannya heavy oil centrifuge, akan dihadapkan pada beberapa masalah, diantaranya adalah⁹ :

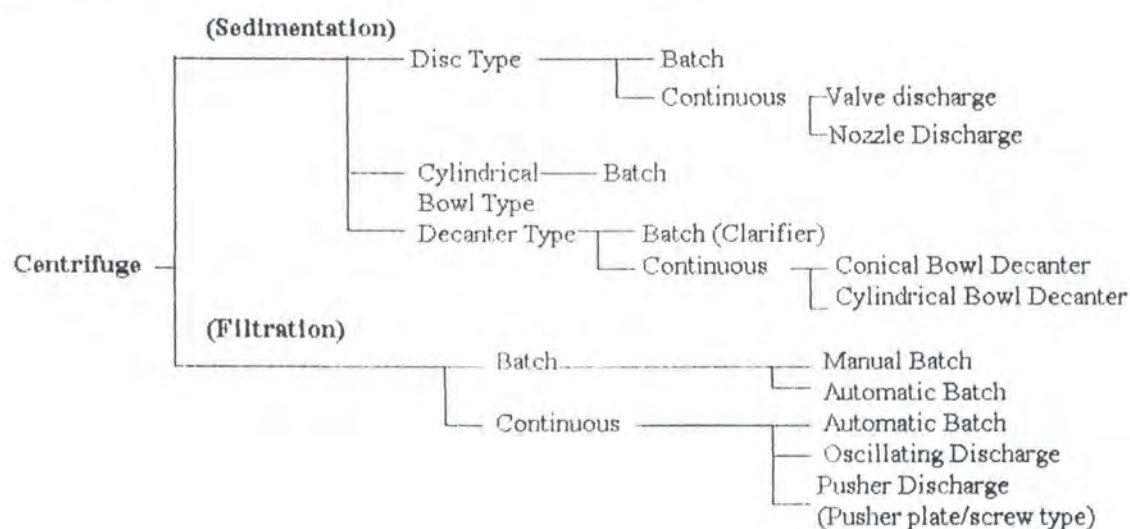
- Bagaimana kerja atau kelakuan centrifuge ketika bahan bakar berisi kandungan zat yang dapat mengikis dan tidak murni dengan kadar yang relatif tinggi dihasilkan dan mengalami perubahan proses-proses penyempurnaan ?
- Apakah pertimbangan yang diberikan pada naik-turunnya benda-benda padat yang berada di dalam bahan bakar saat dipisahkan dapat dijernihkan oleh gerakan putar (rolling) kapal?
- Sudahkah memberikan perhatian pada peningkatan kadar kotoran dalam bahan bakar saat dasar tangki diadakan perawatan?
- Seberapa sering centrifuge dapat membuang kotoran-kotoran yang telah terpisahkan?
- Bagaimanakah instalasi dapat dimonitor secara efisien, tanpa mempunyai instrumen yang sesuai untuk menganalisa volume aliran HFO secara kontinu?

Semua pertanyaan ini menunjukkan bahwa ketergantungan yang tinggi pada generasi centrifuges terbaru, sehingga kemungkinan terjadinya kesalahan pengoperasian atau kesalahan pengambilan keputusan oleh seorang operator dapat diminimalkan.

⁹ Poprawa, Kurt, Dipl.-Ing., The new generation of HFO centrifuges for marine and land-based power plant, Westfalia Brochure.

III.1 JENIS CENTRIFUGES SEPARATOR

Pada umumnya centrifugal separator dikelompokkan dalam dua bagian, yaitu: Filtration centrifuges dan Sedimentation centrifuges



III.1.1 FILTRATION CENTRIFUGES

Filtration centrifuges adalah separator yang mana pada waktu proses pemisahan partikel-partikel padat (solid) yang terdapat dalam cairan (liquid) dilakukan dengan menggunakan sebuah filter yang berputar.

Cairan yang kotor (campuran liquid-solid) dimasukkan ke dalam sebuah silinder yang berputar. Pada dinding silinder tersebut terdapat celah-celah dan pada bagian dalamnya dilapisi sebuah filter. Tekanan yang dihasilkan oleh gaya centrifugal, akan menyebabkan cairan tersebut dapat keluar melalui filter, sedangkan partikel padat yang mempunyai ukuran lebih besar dari diameter celah filter akan tetap berada di dalam.

III.1.2 SEDIMENTATION CENTRIFUGES

Sedimentation centrifuges adalah proses pemisahan partikel-partikel padat (solid) yang bercampur di dalam cairan (liquid), dimana proses pemisahan berlangsung karena adanya gerakan partikel yang berpindah secara radial sesuai dengan perbedaan berat, diantara partikel cair dan padat yang berputar. Jika tidak terdapat perbedaan berat jenis diantara partikel dan phase atau phase dengan phase, maka rotasi yang dilakukan pada cairan tersebut tidak akan menghasilkan proses pemisahan phase-phase tersebut. Partikel-partikel padat yang merupakan hasil proses pemisahan akan membentuk sebuah lapisan pada dinding bowl dan untuk mengeluarkan kotoran (partikel padat) diperlukan waktu selama beberapa jam secara manual, atau hanya beberapa detik saja bila pengeluaran dilakukan secara otomatis.

Dalam perkembangan proses sedimentation centrifuges mempunyai dua tipe centrifuges utama, adalah :

- . Tubular bowl-type centrifuges
- . Disc-type centrifuges

III.1.2.1 TUBULAR BOWL TYPE CENTRIFUGES

Tubular bowl-type centrifuges dipergunakan untuk memisahkan liquid-liquid atau solid-liquid. Efisiensi pemisahan (separating efficiency) tubular bowl pada putaran yang sangat cepat (12 000-15 000 rev/min), karena gaya centrifugal yang memisahkan air dan solid, perkembangan

luasan dari rotational speed dan proposional pada bowl diameter. Gaya centrifugal yang dihasilkan 15 000 G, maksimum diameter sekitar 5 inci (127 mm).

III.1.2.2 DISC TYPE CENTRIFUGES

Disc-type centrifuges yang dibuat oleh Alva-laval, Westfalia dan Mitsubishi, dewasa ini lebih banyak dipakai pada penggerak kapal modern yang menggunakan bahan bakar HFO. Terdapat disc yang berbentuk kerucut dengan bagian ujung terpotong, terletak di dalam bowl. Disc ini berfungsi untuk memisahkan endapan, kemudian masuk ke dalam ruangan antara yang sempit. Mempunyai putaran sekitar 4 000-15 000 rev/min. Diameter maksimum disk sekitar 24 inci (610 mm)

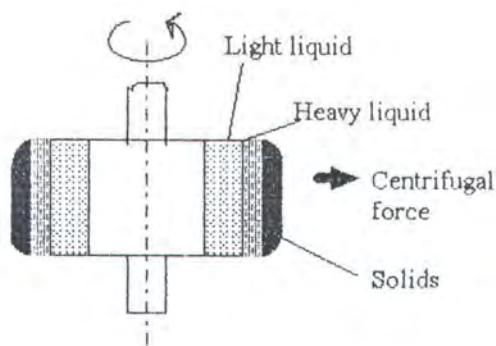
Dalam bidang industri marine centrifuges separator yang paling sering digunakan adalah kelompok sedimentation centrifuges, khususnya jenis disc-type centrifuges.

III.2. TEORI SEPARASI

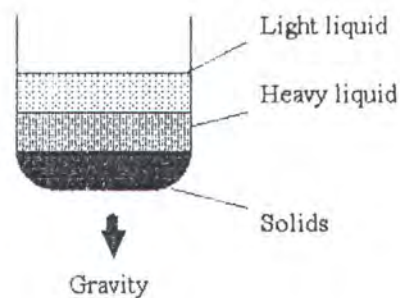
Centrifuges yang melakukan separasi dengan pengendapan adalah tipe sedimentation centrifuges. gambar 3.1 (b) memperlihatkan pengendapan gravitasi di bawah kondisi statis yang disubstitusikan untuk pengendapan sentrifugal (centrifugal sedimentation) yang diperlihatkan pada gambar 3.1 (a). Kedua bentuk separasi bekerja dengan prinsip perbedaan spesifik gravity antara campuran liquid dan kemudian menggunakan gaya sentrifugal dan gravitasi.

Karena gaya centrifugal dibangkitkan dalam centrifuges sehingga menjadi beribu-ribu kali lipat kecepatannya dari gaya gravitasi, atau pemisahan oleh proses centrifuging beribu-ribu kali lebih cepat dibandingkan dengan sedimentasi gravitasi (natural settling).

Centrifuges separator dipergunakan untuk memisahkan/mengendapkan solid yang bercampur di dalam suatu liquid (dalam hal ini bahan bakar), biasa disebut sebagai proses klarifikasi (clarification) dan atau dipergunakan untuk memisahkan atau mengurangi kadar air yang bercampur di dalam suatu liquid (bahan bakar) dengan berat jenis yang berbeda, proses ini biasa disebut sebagai proses purification.



(a) Centrifugal Sedimentation

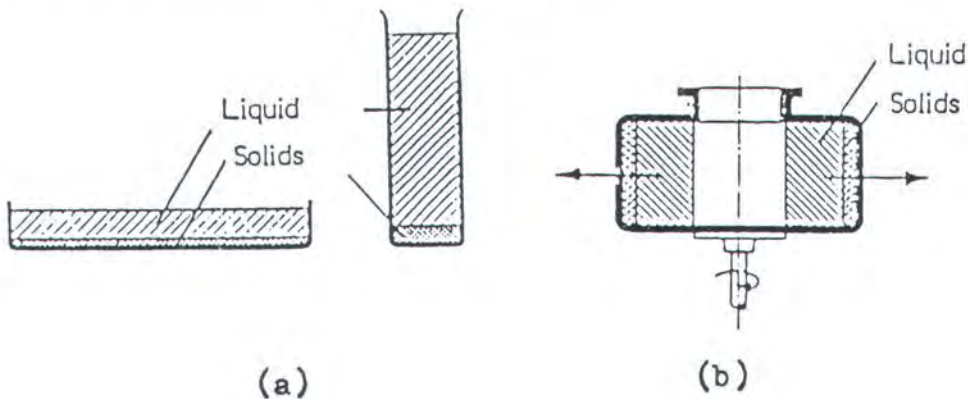


(b) Gravity Sedimentation

Gambar 3.1 Gravity sedimentation dan centrifugal sedimentation

III.2.1 PRINSIP DARI CLARIFICATION

Jika campuran liquid-solid dituangkan ke dalam bejana penyimpanan, partikel solid, menjadi lebih berat dan akan bergerak secara perlahan menuju ke dasar bejana karena pengaruh gaya gravitasi.



Gambar 3.2 Prinsip kerja clarification

Jika campuran liquid-solid dituangkan ke dalam bejana putar, dikarenakan pengaruh gaya centrifugal, partikel solid akan mengendap lebih cepat dibandingkan di dalam bejana penyimpan (stationary vessel) yang pengendapannya diakibatkan oleh gaya gravitasi.

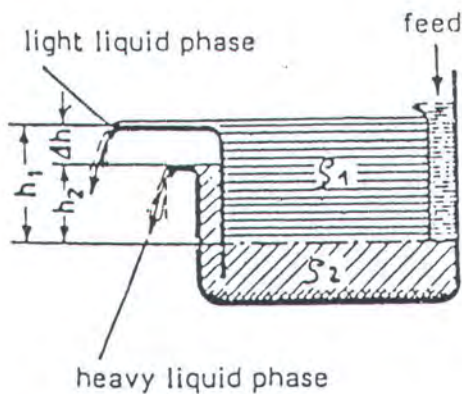
III.2.2 PRINSIP DARI PURIFICATION

Pada gambar 3.3 menunjukkan sebuah settling tank dengan satu feed pemasukan dan dua pengeluaran, yang mana dapat digunakan untuk pemisahan berkelanjutan (continuous) dari campuran liquid-liquid secara serempak memindahkan/mengurangi kadar solid. Perbedaan tinggi Δh antara kedua permukaan overflows harus diatur sesuai dengan perbedaan berat jenis (density) dari kedua phase liquid menurut persamaan tekanan hidrostatik :

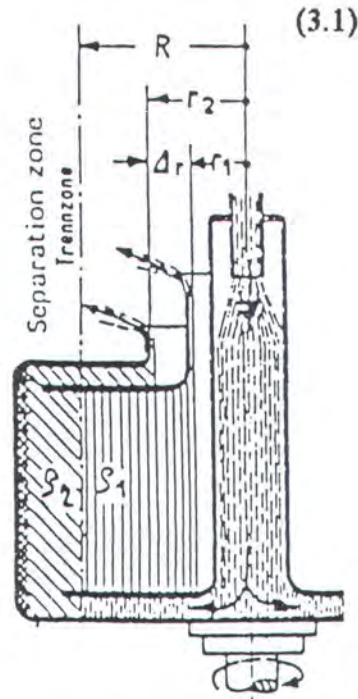
$$P_1 = P_2$$

$$\rho_1 \cdot g \cdot h_1 = \rho_2 \cdot g \cdot h_2$$

$$\rho_1 \cdot h_1 = \rho_2 \cdot h_2$$



Gambar 3.3 Purifikasi karena pengaruh gaya gravitasi



Gambar 3.4 Purifikasi karena pengaruh gaya sentrifugal

Proses pengendapan seperti pada gambar 3.4 adalah sebuah separator dalam bentuk sederhana, dimana cairan tersebut diputar pada sebuah sumbu. Proses pemisahan solid-liquid disebabkan oleh adanya gaya centrifugal yang diberikan untuk memutar liquid sehingga cara ini jauh lebih efektif dari proses pengendapan yang menggunakan gaya gravitasi, hal ini disebabkan karena tekanan liquid meningkat sesuai dengan kuadrat jarak jari-jari, seperti pada persamaan 3.2.

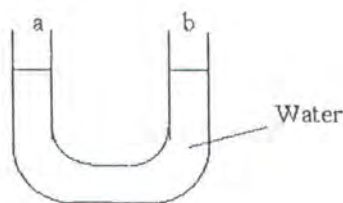
$$\rho_1 \cdot (R^2 - r_1^2) = \rho_2 \cdot (R^2 - r_2^2) \quad (3.2)$$

III.2.3 GRAVITY DISC¹⁰

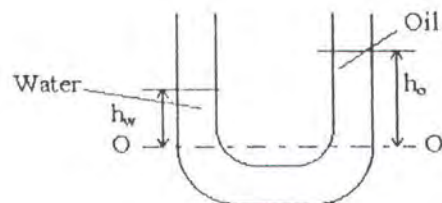
Centrifuges yang menggunakan perbedaan spesifik gravity antara liquid, memungkinkan perubahan interface light liquid dan heavy liquid pada pembentukan strukturnya. Karenanya centrifuges yang digunakan dengan pencocokan posisi keluaran (outlet) pada light atau heavy liquid menurut perbedaan specific gravity antara campuran liquid, sehingga interface dari light dan heavy liquid dapat melokasikan dengan tepat pada posisi masukan (inside) bowl. Pencocokan biasanya dibentuk pada bagian heavy liquid, dan gravity disc sangat mempengaruhinya.

Prinsip dari gravity disc adalah sebagai berikut:

Untuk memudahkan pengertian kita, memisalkan sebuah tube berbentuk 'U' yang di dalamnya menerapkan prinsip pengendapan gravitasi. gambar 3.6 menunjukkan air yang telah disuplai melalui "a" atau "b" pada U-tube. Selanjutnya, ketika oil disuplai melalui "b", yang specific gravitynya lebih kecil dibandingkan air, mengakibatkan perbedaan level air dan oil seperti pada gambar 3.7.



Gambar 3.6



Gambar 3.7

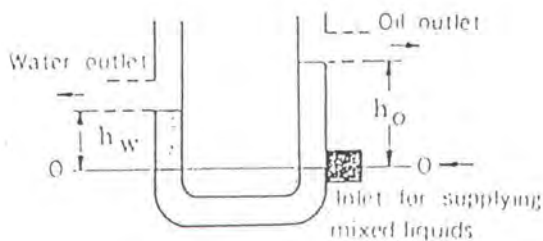
¹⁰ Instruction Manual Mitsubishi Separator

Pada gambar 3.7, garis antara interface air dan minyak kita sebut '0-0', kedua cairan disebut h_w dan h_o , dan specific gravity air dan minyak diwakili oleh γ_w dan γ_o , kemudian dinyatakan dalam persamaan 3.3.

$$\gamma_o \cdot h_o = \gamma_w \cdot h_w$$

Sehingga : $\gamma_o / \gamma_w = h_o / h_w$ (3.3)

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.8, sebuah inlet untuk mensuplai cairan campuran harus dipasang pada garis 'O-O' gambar 3.7 dan selanjutnya outlet-outlet seperti ditunjukkan dalam garis putus-putus pada sisi minyak dan air dipasang. Dalam gambar 3.8, jika hanya air yang dimasukkan dari posisi "O", hanya air yang akan keluar dari outlet sisi air, dan dalam kasus ini hanya minyak yang dimasukkan, hanya dari outlet yang akan keluar dari outlet sisi minyak. Dan level interface '0-0' tidak akan berubah.



Gambar 3.8

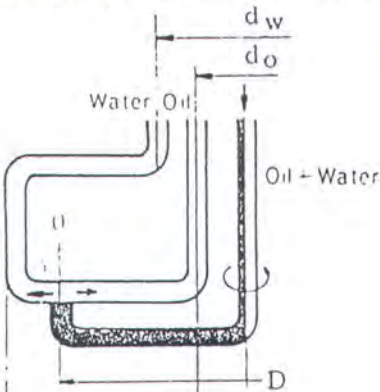
Selanjutnya mudah dibuktikan bahwa jika campuran minyak dan air dimasukkan dari posisi "O", tanpa melihat perbandingan campurannya, minyak dan air akan mengalir keluar dari outlet sisi minyak dan outlet sisi air secara berturut-turut, dan ketinggian interface akan tetap konstan. Dalam gambar 3.8

dijelaskan hubungan antara air dan minyak yang tertinggal dalam tabung U yang hanya diberi gravity. Berikutnya, jika kita baringkan tabung secara horisontal (gambar 3.9) dan gaya sentrifugal yang bereaksi pada tabung U sebagai pengganti gravitasi, hubungan antara minyak dan air akan jadi sama.

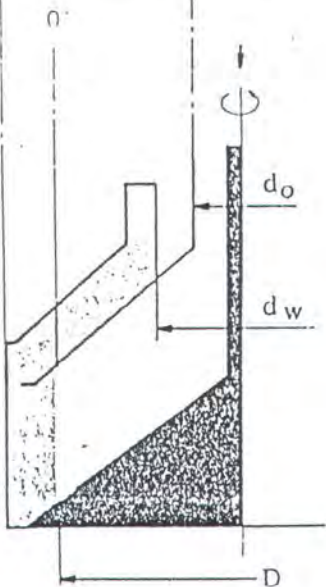
Namun dalam kasus medan setrifugal, hubungan antara specific gravity dengan diameter-diameter dua cairan ditunjukkan dalam persamaan 3.4 :

$$\gamma_o / \gamma_w = (D^2 - d_w^2) / (D^2 - d_o^2) \qquad (3.4)^*$$

* Perbandingan γ_o / γ_w adalah specific gravity ratio



Gambar 3.9



Gambar 3.10

Dalam kasus medan sentrifugal, garis '0-0' yang dijelaskan dalam gambar 3.8 dibentuk pada posisi D yang ditentukan dengan rotasi. Dan tinggi h_w dan h_o .

diganti dengan tinggi garis D dan tinggi setiap outlet seperti ditunjukkan dalam persamaan 3.4.

Gambar 3.10 menunjukkan kasus bowl centrifugal. Baik d_o , d_w atau D perlu disesuaikan dengan specific gravitasi cairan yang dipakai, namun secara umum dalam kasus sentrifugal ini, saat D dan d_o dipasang, penyesuaian harus dibuat oleh d_w untuk specific gravity cairan yang dipakai. Dalam rangka mengubah d_w , centrifugal memiliki struktur sedemikian hingga disc-disc yang beberapa diameter bagian dalam yang berbeda dapat dipasang bowl. Disc-disc ini disebut 'gravity disc'.

III.2.4 MEKANISME DAN TEORI PEMISAHAN

Sekumpulan disc dalam bentuk kerucut terpancung telah digabungkan dibagian dalam bowl dengan tujuan meningkatkan efisiensi pemisahan.

Pengaruh disc-disc adalah sebagai berikut :

Cairan yang di-tread-kan akan mengalirkan melalui distributor ke dalam ruang-ruang antara disc dalam arah panah seperti gambar 3.11 dan partikel-partikel padat akan ditangkap dan dipisahkan dalam ruang-ruang antara disc dan cairan murni akan dilepaskan ke bagian luar dari outlet cairan murni (yaitu outlet cairan yang ringan).

Penjelasan yang rinci mengenai pengaruh pemisahan dalam ruang-ruang antara disc adalah sebagai berikut:

Dalam gambar 3.12 partikel-partikel padat bercampur dalam cairan akan mengalami gaya sentrifugal dan gaya oleh aliran cairan pada titik "a".

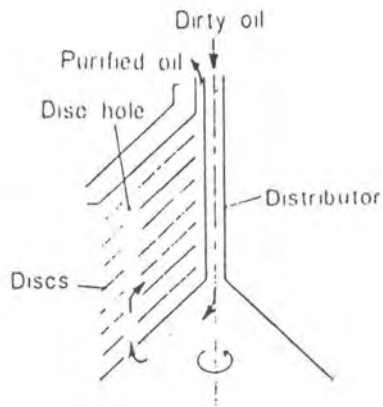
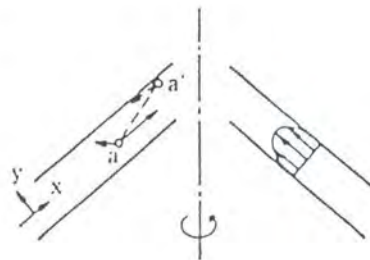
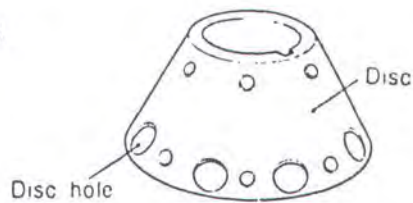
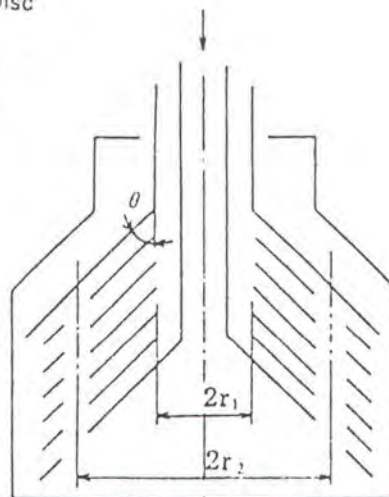
Secara bersesuaian, dalam arah "x", sebuah partikel akan memiliki kecepatan yang berbeda antara kecepatan aliran dan komponen "x" kecepatan sedimentasi karena gaya sentrifugal, sementara dalam arah "y", kecepatan komponen "y" kecepatan sedimentasi, jadi partikel akan bergerak di sekitar locus yang ditunjukkan oleh garis putus-putus gambar 3.12 dan mencapai titik "a" pada sisi belakang disc. Setelah semuanya itu, pemisahan dan pelepasan partikel-partikel padat dari cairan telah terlaksana. Jika sebuah jenis separator mempunyai ruang antara dua disc sesar 0.6 mm, sehingga dapat dikatakan bahwa partikel padat akan dipisahkan dan dibuang jika partikel bergerak hanya 0.6 mm dalam arah "y". Hal ini merupakan sebab mengapa centrifuge tipe ini memiliki kapasitas pemisahan yang besar.

Penjelasan yang lebih jelas mengenai kapasitas pemisahan telah didapat secara teoritis melalui persamaan kinematik yang didasarkan pada gerakan partikel padat seperti ditunjukkan dalam gambar 3.12 dan dinyatakan dalam persamaan 3.5-3.7.

$$Q = \frac{(\rho_s - \rho_L) g \cdot d^2}{18\mu} \cdot \frac{2\pi n \omega^2 - (r_2^3 - r_1^3)}{3 g \tan \theta} \quad (3.5)$$

$$S = \frac{2\pi n \omega^2 - (r_2^3 - r_1^3)}{3 g \tan \theta} \quad (3.7)$$

$$Q = \frac{(\rho_s - \rho_L) g \cdot d^2}{18\mu} \cdot S \quad (3.8)$$

Gambar 3.11**Gambar 3.12****Gambar 3.13****Gambar 3.14**

III.3. KOMPONEN UTAMA SEPARATOR

Komponen utama separator dan separator yang diinstalasikan adalah; frame and hood, gear, bowl, feed pump, pre-strainer, motor, oil pre-heater. Separator terdiri dari frame, hood, gear, bowl, centripetal pump, dan motor yang

terpasang. Separator plant yang lengkap terdiri dari separator, feed pump, pre-strainer, oil pre-heater, switches, pipe lines, accessoris dan peralatan untuk operasional dan perbaikan. (gambar terlampir).

III.4 SYARAT-SYARAT EFISIENSI SEPARASI

Pada centrifuge yang modern, faktor utama yang termasuk dalam efisiensi separator jika dapat melakukan pemisahan air, sludge, material berserabut (fibrous material) dan kadar solid yang ikut dalam aliran bahan bakar, temperatur dan juga viskositas dari bahan bakar yang ditangani, kecepatan angular dari centrifugal bowl, inner dan outer radii dari discs, cone angle dari disc, jumlah disc, posisi inteface water/oil dan dengan heavy cracked bahan bakar dalam particular, specific gravity bahan bakar dan waktu tinggal dalam bowl.

III.4.1 SELF CLEANING

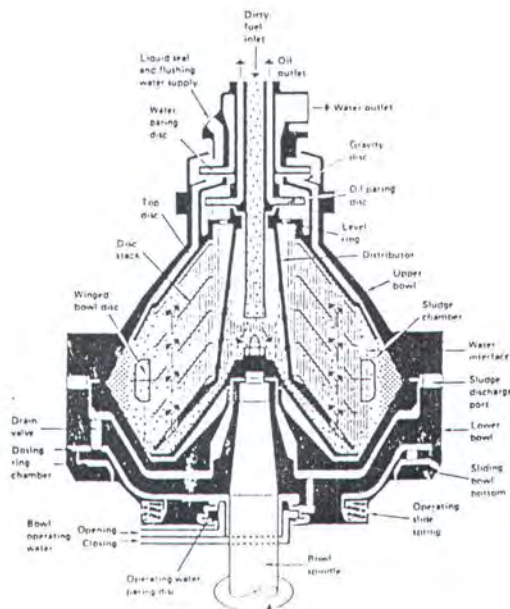
Pada jenis yang lebih tua, centrifuges dibersihkan secara manual, self cleaning machine dipasang sekitar 50-150 pelat-pelat tipis yang membentuk cone shaped (kerucut yang ujungnya tumpul), pressed steel discs membawa ke atas penyalur conical tengah. Umumnya discs terbuat dari anti korosi stainless steel, secara serentak dilubangi dengan sejumlah lubang yang diatur di dalam vertical lines membentuk vertical rising chanel yang melewati perakitan discs.

Minyak kotor yang berisi air dan bahan-bahan kontaminasi yang lain merupakan penghambat pada inlet tube bagian centrifuges, kemudian masuk ke dalam cone-shaped distributor. Campuran tersebut melalui lubang-lubang dalam distributor bottom cone, kemudian naik melalui penghubung lubang-lubang di dalam disc, selanjutnya tertampung dalam chamber pengumpul. Jarak antara, sudut cone, jumlah lubang dan posisinya di dalam discs harus dihitung hati-hati.

Seperti yang dindikasikan oleh panah dalam gambar 3.15, jika minyak kotor masuk ke dalam distribution chamber merupakan bagian pokok yang akan terkena gaya centrifugal yang tinggi. Hal ini membuat heavy solid, sludge, dan air keluar menuju periphery dari bowl.

Pemisahan sludge dan solid yang pertama dikumpulkan pada bagian bawah disc, selanjutnya tergelincir menuju outer sludge chamber, karena sudut conical dari disc berhubungan pada sudut kritis ejection solid dalam centrifuges bowl. Gaya centrifugal di dalam mesin modern sekitar 6000-7000 G.

Karena permukaan disc lembut, sludge dan solid tergelincir dengan cepat tambat tersangkut sehingga memungkinkan disc untuk self cleaning (membersihkan sendiri). Pada tipe centrifuges yang lama biasanya dipasang dengan tinned mild steel discs. Akan mudah timbul korosi, sehingga permukaan bowl akan menjadi kasar. Hal ini membuat sludge tersangkut, bahkan akan menghambat daerah kerucut (narrow spaces) disc. Meskipun lebih mahal, stainless steel discs dan bowl akan menyelesaikan permasalahan ini.



Gambar 3.15 Self cleaning centrifugr bowl.

Jika air yang terpisahkan keluar menuju outside disc menutupi dan akan menggantikan sama dengan jumlah water seal. Air ini melewati lubang keluar pada bagian atas disc yang tipis, melalui annular space antara cone dan inside bowl dan discharge pada lubang keluaran air.

III.4.2 GRAVITY DISC DAN PEMILIHANNYA

Air yang dipisahkan dari minyak di dalam chamber pemisah, dengan rising chanel diletakan pada zone pemisahan. Ketika digunakan sebagai purifier, sebagai contoh untuk memisahkan campuran oil-water, bowl dipasang dengan gravity discs, (biasa disebut 'regulating dam') yang diameter keluaran air dapat diatur. Gravity discs yang berbeda diameter internal dapat dipasang pada keluaran air, tergantung dari perbedaan density (specific gravity) antara minyak

yang diproses dan air. Range antara pada gravity disc disediakan oleh penyalur centrifuges, semua ketepatannya diidentifikasi oleh relative density yang secara jelas ditandai ('marked') pada disc.

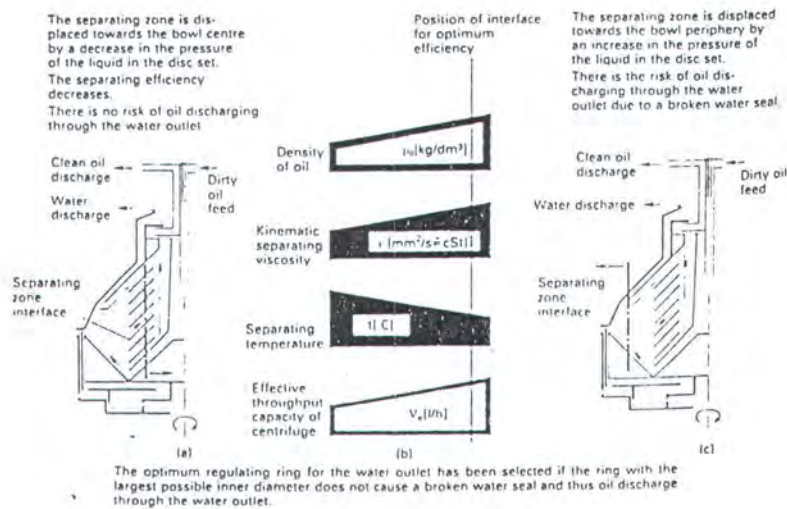
Interface antara minyak dan air harus tepat diposisikan pada bagian luar disc stack dalam memenuhi permintaan untuk memaksimalkan efisiensi pemisahan. Sebagai tambahan untuk mengoperasikan centrifuges yang paling sesuai dan kecepatan aliran konstan, sama baik jika disesuaikan dengan temperatur pemisahan konstan, dalam permintaan menentukan posisi interface yang paling baik untuk proses purifikasi yang baik adalah hal yang paling pokok untuk menempatkan gravity disc pada posisi yang tepat. Hal ini harus berhubungan dengan density bahan bakar yang digunakan, viscositasnya dan kecepatan alirannya. Umumnya, gravity disc yang paling besar yang tidak menyebabkan kerusakan pada water seal adalah yang paling cocok. Jika water seal mengalami kerusakan, minyak akan hilang melalui outlet air.

Hal yang paling sesuai untuk diameter dalam gravity disc dapat dihitung, meskipun hal ini tidak diperlukan. Tergantung pada perbedaan dalam density antara phase minyak dan air, berhubungan dengan density kedua phase dengan temperatur yang bervariasi.

Pemilihan gravity disc

Pentingnya pemasangan gravity disc dengan benar berhubungan dengan densitas bahan bakar tidak dapat diacuhkan. Hal ini menjadi penting, jika heavy fuel yang mempunyai variasi density lebih banyak, yang bergantung pada metode dan tingkat penyulingan.

Beberapa factor yang termasuk pada zone pemisahan minyak yang menentukan posisi interface minyak/air dalam centrifugal bowl diilustrasikan dalam gambar 3.16



Gambar 3.16

Dalam gambar 3.16 (a) interface telah pindah ke dalam disc stack, menghasilkan efek separasi yang buruk (poor separating effect). Mungkin ini dikarenakan ketidak-tepatan gravity disc yang terlalu kecil pada diameter dalam yang dipasang. Faktor lain yang terpengaruh termasuk penurunan density minyak kotor dan meningkatnya viscositas karena terjadi peningkatan temperatur atau menurunnya keluaran.

Sebaliknya, pada gambar 3.16 (c), interface diganti dan sekarang ditempatkan pada bowl periphery luar dari disc stack. Hal ini akan menghasilkan kerusakan water seal dengan kehilangan tahanan dari minyak melalui jalan keluar air. Penyebab utama masalah ini adalah

pemasangan gravity disc yang diameter dalamnya terlalu besar, sebuah peningkatan dalam density, viskositas minyak kotor dan kecepatan keluaran, dan penurunan dalam temperatur pemisahan.

Faktor-faktor ini dipertimbangkan dalam gambar yang secara sederhana ditampilkan dalam gambar 3.16 (b). Bagian kiri mengilustrasikan efisiensi separasi yang tidak baik dengan interface yang terlalu jauh ke dalam titik pusat dari disc stack, sedangkan bagian kanan memperlihatkan interface yang ditempatkan di luar disc stack, membawa dampak merusakkan pada water seal.

Untuk efisiensi yang optimum interface seharusnya dekat pada posisi yang memungkinkan untuk tidak merusak water seal.

III.4.3 INTERFACE CONTROL

Untuk menghubungkan keperluan centrifuges yang dapat dioperasikan secara terus menerus dengan waktu relatif panjang pada efisiensi pemisahan maksimum, khususnya dalam self cleaning machine dipasang sebuah pompa discs (discs pump). Dengan memanfaatkan tekanan balik pada keluaran oil dan air dari centrifuge adalah mungkin menghubungkan ketepatan posisi dengan internal oil/water interface. Back pressure diindikasikan pada pressure gauge, diturunkan sampai sekitar 0.5 kg/cm². Pada tekanan ini interface akan berada pada posisi optimum. Selanjutnya bersama-sama dengan posisi gravity disc yang tepat dan temperatur dan keluaran (throughput), menjamin efisiensi operasi yang maksimum.

Salah satu sebab buruknya proses pembakaran, terbentuknya deposit dan timbulnya korosi pada saat terbakar bahan bakar adalah operasi yang tidak efisien dari proses centrifuge. Hal ini dapat diawasi atau terdeteksi jika gravity disc tidak tepat digunakan dan beberapa mesin yang tidak sesuai oleh interface control.



BAB IV

METODE PENGUJIAN DAN ANALISA PERMASALAHAN

IV.1 DATA KAPAL

1. Nama Kapal	: KM CARAKA JAYA NIAGA III/17
2. Pemilik Kapal	: PT. PELAYARAN MERATUS
3. Type Kapal	: SEMI CONTAINER
4. Loa	: 98.00 m
5. Lpp	: 92.15 m
6. B moulded	: 16.50 m
7. Depth moulded	: 7.80 m
8. Draft	: 5.4 m
9. Dead Weight	: 3650 MTon
10. Kapastas Container	: 115 TEU
11. Kecepatan dinas	: 11.9 Knots
12. Route Pelayaran	: Surabaya-Banjarmasin
13. Jarak Pelayaran	: 243 Sea miles
14. Class of Ship	: Klasifikasi Indonesia

IV.2 DATA MAIN ENGINE

1. Merk	: PAL - MAN - B & W
---------	---------------------

2. Type	: 5 S 35 MC	
3. Bore	: 350	mm
4. Stroke	: 1400	mm
5. Cycle	: 2	Stroke
6. BHP at MCR	: 4315	HP
7. Rpm at MCR	: 160	Rpm
8. SFOC at MCR	: 128	g/BHP _h (80%)

IV.3 DATA SEPARATOR

1. Type	: MITSUBISHI SELFJECTOR Total discharge type	
2. Model	: SJ 700	
3. Rated Capacity	: 1600	l/h
4. Actual Capacity	: 1350	l/h
5. Feed Pump	: 1000	l/h
Suction Head	: - 4	m
Delivery Head	: 20	m
6. Discharge Pump	: 1150	l/h
Suction Head	: - 4	m
Delivery Head	: 20	m
7. Bowl Revolution	: 9000	Rpm
8. Motor	: AC 380 V	1.5 kw

-
9. Class of Ship : Klasifikasi Indonesia
10. Separating Temperatur : 81 ° C

IV.4 METODE PENGUJIAN

IV.4.1 SPECIFIC GRAVITY (ASTM D-1298)

1. Fungsi dan Makna Pengukuran SG

Specific gravity dihitung berfungsi untuk :

- Perhitungan ongkos angkut
- Perhitungan Loss Control
- Menghitung Kapasitas
- Menghitung Kemampuan berlayar
- Menghitung panas pembakaran

2. Peralatan

- Hydrometer
- Thermometer
- Hydrometer cylinder
- Constan-Temperature Bath

3. Temperatur Test

a. Menentukan density, specific density, atau API gravity dengan menggunakan metode hydrometer adalah yang paling akurat atau mendekati akurat jika menggunakan temperatur sekitar 15° C atau 60° C. Gunakanlah ini atau beberapa

temperatur antara -18 dan +90° C (0 dan 195 ° F), sampai sejauh ini sangat konsisten dengan sampel yang digunakan dan kondisi batas yang ditampilkan seperti tabel 1.

Tabel 4. 1. Limiting Conditions and Test Temperatures

Sample Type	Initial Boiling Point	Other Limits	Test Temperature
Highly volatile		reid vapor pressure below 26 lb	Cool in original closed container to 2°C (35°F) or lower
Moderately volatile	120°C (250°F) and below		Cool in original closed container to 18°C (65°F) or lower
Moderately volatile and viscous	120°C (250°F) and below	viscosity too high at 18°C (65°F)	Heat to minimum temperature to obtain sufficient fluidity
Nonvolatile	Above 120°C (250°F)		Use any temperature between - 18 and 90°C (0 and 195°F) as convenient
Mixtures with non-petroleum products			Test at 15 ± 0.2°C (60 ± 0.5°F)

4. Prosedur

- a. Sesuaikan temperatur sampel menurut point 3. Buatlah temperatur hydrometer cylinder dan thermometer sama dengan sampel yang akan diuji.
- b. Pindahkan sampel pada sebuah hydrometer cylinder yang bersih tanpa splashing, untuk menghindari gelembung udara dan menurunkan penguapan minimum dari titik bakar terendah terhadap sampel yang volatile. Pindahkan sampel volatile pada silinder dengan air atau dengan siphoning. Hindari pembentukan gelembung, setelah semuanya terkumpul pada permukaan sampel, dengan menyaring gelembung ini pada kertas penyaring yang bersih sebelum memasukan hidrometer.
- c. Letakkan silinder yang berisi sampel dengan posisi vertikal dalam lokasi yang bebas dari udara. Pastikan suhu sampel tidak terlalu berubah selama waktu yang

diperlukan dalam menyelesaikan test, selama periode ini, temperatur media sekeliling tidak boleh berubah lebih dari 2°C . Jika pengujian pada temperatur yang jauh diatas atau di bawah temperatur ruang, diperlukan bath yang temperaturnya konstan untuk menghindari perubahan temperatur yang berlebihan.

d. Turunkan hidrometer secara perlahan-lahan ke dalam sampel, lakukan dengan hati-hati untuk menghindari pembasahan stem diatas tingkat jika hidrometer dimasukan ke dalam cairan. Aduk sampel secara kontinu dengan thermometer, lakukan hati-hati hingga merkuri thread tetap tercelup sepenuhnya sehingga stem hidrometer tidak basah diatas tingkat pencelupan. Segera setelah pembacaan yang stabil diperoleh, catat temperatur pada angka 0.25°C paling dekat dan kemudian lepaskan thermometer.

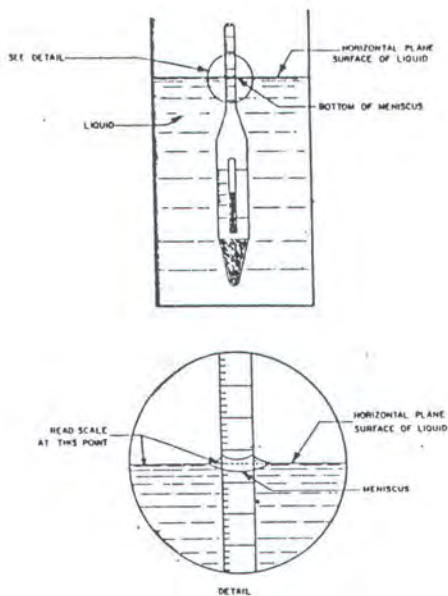
e. Tekan hidrometer kira-kira pada pembagian dua skala ke dalam cairan, dan kemudian lepaskan hidrometer. Sisa stem hidrometer, yang berada di atas level cairan, harus tetap kering karena cairan yang tidak diperlukan pada stem mempengaruhi pembacaan yang diperoleh.

f. Jika hidrometer telah terangkat, apungkan hidrometer jauh dari dinding silinder, dan perkirakan pembacaan skala hidrometer pada kerapatan relative 0.0001 (gravitasi jenis) atau 0.05 derajat API. (lihat gambar 4.1)

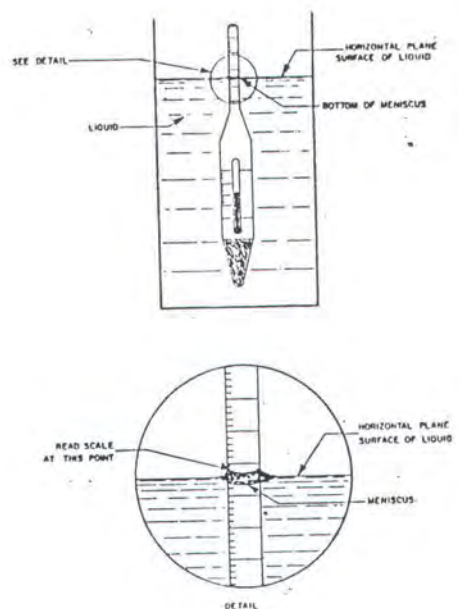
g. Jika sebuah cairan yang buram dibaca dengan mata sedikit diatas bidang permukaan cairan, tandai pada skala hidrometer titik dimana sampel naik. Pembacaan ini, pada bagian atas Meniscus, memerlukan koreksi karena hidrometer

yang dikalibrasi dibaca pada permukaan dasar cairan. Agar lebih jelasnya lihat gambar gambar 4.2.

h. Segera setelah mengamati nilai skala hidrometer, sekali lagi aduk dengan hati-hati sampel dengan termometer sehingga mercury thread tetap tercelup sepenuhnya. Catat temperatur sampel pada angka 0.2°C paling muka. Jika temperatur ini berbeda lebih besar dari 0.5°C dibandingkan pembacaan sebelumnya, ulangi pengujian hidrometer dan pengamatan termometer sampai temperatur menjadi stabil dalam angka 0.5°C .



Gambar 4.1 Hydrometer Scale Reading for Transparent Fluids



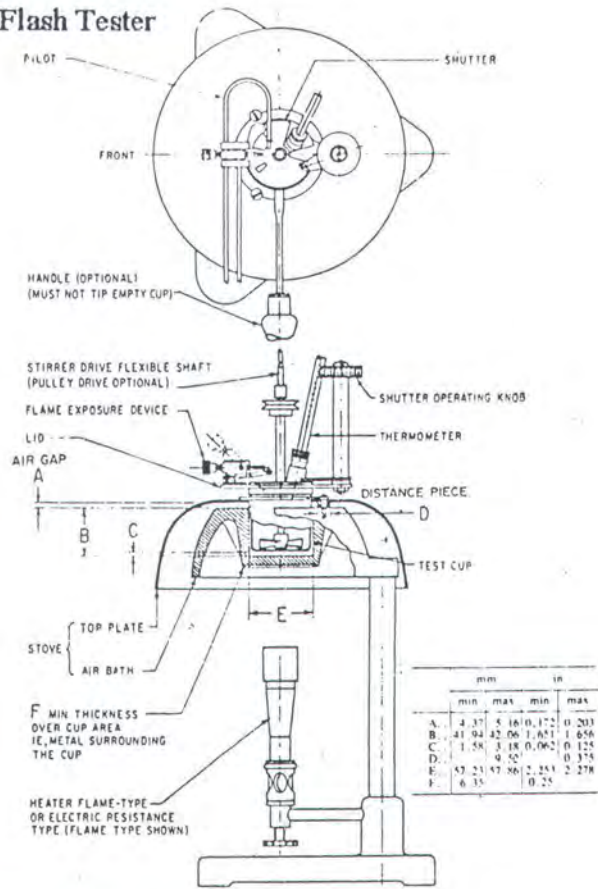
Gambar 4.2 Hydrometer scale Reading for Opaque Fluids

IV.4.2 FLASH POINT (ASTM D-93)

Flash point adalah temperatur terendah dimana bahan bakar apabila dipanaskan telah memberikan campuran uapnya yang cukup perbandingannya dengan udara sehingga akan menyala sekejap apabila diberi sumber api.

1. Peralatan

- Test Cup
- Thermometer Standar
- Pensky-Martents Closed Flash Tester



Gambar 4.3 Pensky-Martents Closed Flash Tester

2. Prosedur

- a. Bersihkan dan keringkan tempat test cup, kemudian sampel dituangkan kedalamnya sampai tanda
- b. Letakkan test cup pada Pensky-Marten Closed Flash Tester
- c. Nyalakan flame exposure device, api pencoba dipasang
- d. Panaskan sampai suhu secara bertahap sampai te tertentu.
- e. Lihat temperatur pada suhu tertentu
- d. Jika kira-kira temperatur lebih dari 150°C arahkan flame exposure divice yang menyala pada test cup yang berisi sampel, jika terjadi kilatan cahaya, catat temperature saat terjadi kilatan cahaya.

IV.4.3 VISCOSITY REDWOOD I/100 F (ASTM D-445 ~ Redwood)

1. Viskositas dapat diartikan :

- Kecepatan mengalirnya fluida
- Sifat mudah tidaknya sautu cairan untuk mengalir pada temperatur tertentu.
- Dipengaruhi besarnya suhu, sehingga makin tinggi smakin encer fluidanya.

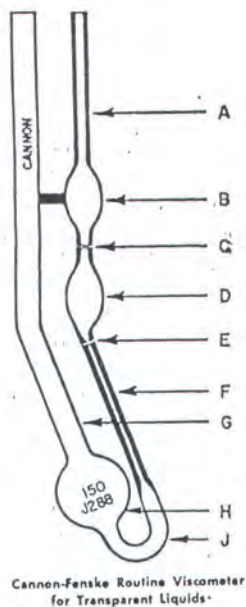
2. Fungsi

Viskositas merupakn sifat yang diperlukan untuk transportasi cairan pada pompa dan pipa saluran. Sifat yang juga mempengaruhi penyemprotan bahan bakar dan berhubungan dengan mutu pembakaran.

3. Prosedur

Pada pengujian pengujian viscosity, Pertamina menggunakan metode Redwood I/100F dikonversi dari ASTM D-445.

- a. Sampel dituangkan ke dalam gelas ukur kurang lebih 40 ml.
- b. Pilih Cannon Fenske Routine viskometer sesuai dengan jenis bahan bakar, dalam hal ini dipilih W-739, W-740, W-746, yang mempunyai nilai konstanta pada temperatur 40° C adalah 0.01489, 0.01366, 0.01587 (lihat gambar 4.4)



Gambar 4.4 Cannon-Fenske Routine Viscometer for Transparent Liquids

- c. Sampel dimasukkan ke dalam Cannon-Fenske tube.
- d. Tube tersebut dimasukkan ke dalam sebuah viscometer, yang berfungsi untuk mengukur kekentalan viskositas cairan.

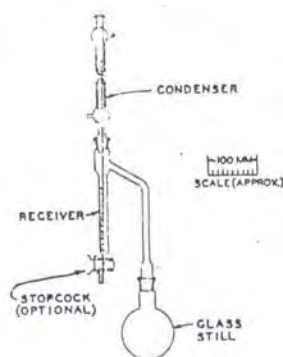
- e. Panaskan sampai temperatur 100°F , setelah cairan sampai pada batas atas (titik C pada gambar 4.4), pemanasan dihentikan dan catat waktu penurunan cairan menuju batas bawah (titik E pada gambar 4.4).
- f. Catat waktu tersebut dalam detik kemudian kalikan dengan konstanta tube tadi. Kemudian hasil perkalian tadi dilihat dalam tabel redwood konversi, jika tidak ada cari nilai atas dan bawah yang mendekati nilai tersebut kemudian interpolasikan, hasilnya merupakan nilai viskositas Redwood dalam sec.

IV.4.4 WATER CONTENT (ASTM D-95)

1. Fungsi Pemeriksaan

Air dalam bahan bakar tidak diinginkan adanya karena :

- Pada temperatur rendah akan membeku sehingga menyumbat filter-filter.
- Air dapat melarutkan additive
- Air mempercepat proses korosi karena bertindak sebagai elektrolit.



Gambar 4.5 Typical Assembly with Glass Still

2. Tujuan

Pengujian water content bertujuan untuk mengetahui besarnya kandungan air dalam bahan bakar

3. Peralatan

- Flash atau labu destilasi 500-1000 cc
- Heater
- Kondensor
- Penampang 10-25 cm, skala 0,1 cc sampai 0,05 cc
- Bahan pelarut Xylent

4. Prosedur

- a. Sampel dituangkan dalam gelas ukur dengan ketelitian sekitar 1 %.
- b. Sampel dimasukkan ke dalam flash
- c. Bilasi gelas ukur dengan pelarut yang mempunyai perbandingan 1 : 2. Larutan bilasan dituangkan ke dalam flash yang berisi sampel.
- d. Pemasangan peralatan harus rapat jangan sampai terjadi kebocoran, peralatan harus bersih dan kering.
- e. Air pendingin disirkulasikan dan harus sering diperiksa apakah air tetap mengalir.
- f. Fluks dipanaskan dan pemanasan diatur sehingga destilasi yang mengembun dari kondensor antara 2-5 tetes tiap detik.
- g. refluks dilakukan sampai air tersuling semua (jumlah air konstan)

h. Bila volume air telah konstan, biarkan dingin, lalu baca volume air pada skala penampang.

IV.4.5 SULPHUR CONTENT (ASTM D-1551)

Pengukuran sifat korosifitas dari jumlah kandungan sulphur yang terdapat dalam bahan bakar, dapat dilakukan dengan mengukur berapa kandungan sulphur dalam minyak.

1. Fungsi

Pengukuran sulphur berfungsi untuk :

- Mengetahui banyaknya sulphur secara kuantitas yang terdapat di dalam fuel oil.
- Sulphur selain korosif juga dapat menaikkan jumlah deposit dalam ruang pembakaran dan piston.
- Setelah sulphur terbakar, dengan adanya air akan bereaksi membentuk senyawa yang korosif (asam).
- Jumlah sulphur yang terdapat dalam bahan bakar harus dibatasi, batasannya tergantung pada rpm engine.

2. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan belerang antara 0.001-5% dengan catatan :

- Pemeriksaan ini menjadi kurang teliti apabila mengandung phiospor atau persenyawaan Nitrogen organik dengan kadar lebih dari 1 %.

-
- Untuk ketelitian perlu diadakan koreksi karena adanya kandungan chlorine akan membentuk HCl yang bereaksi dengan NaOH yang digunakan untuk menitrasi belerang dengannya.

3. Peralatan

Cawan porselen, tabung aqudest, oven, pipet, erlemeyer, beaker gelas, peralatan titrasi, heater dan timbangan anlit dan beberapa bahan H_2O_2 , NaOH, udara, Methyl purple.

4. Prosedur

- Larutan H_2O_2 sebanyak 30 ml dimasukkan ke dalam penyerap bagian bawah dan 10 ml dimasukkan pada tabung penyerap atas.
- Udara dihisap dengan cara vacuum melalui scrubber yang berisi 1.5% H_2O_2 dan 10 % NaOH.
- Sampel yang telah ditimbang ditempatkan dalam cawan porselen pada tabung Quarts. Kemudian hubungkan dengan tabung yang berisi larutan .
- Panaskan dalam oven listrik pada suhu $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, api pembakar dipotong dan ujung tabung Quarts sampai pada cawan yang berisi sampel.
- Apabila contoh sudah habis terbakar, api pembakar dilewatkan sepanjang tabung supaya semua zat yang menempel didinding tabung habis terbakar.
- Letakkan api pembakar dibawah cawan porselen, pembakar dilakukan sampai seluruh sampel habis terbakar, kemudian larutan penyerap dipindahkan ke dalam erlemeyer yang mempunyai tutup gelas.

- Penyerap dibilasi dengan aquadest beberapa kali dan pembilas ini dimasukkan ke dalam erlemeyer yang berisi larutan penyerap tadi.

- Pemeriksaan Sulphur :

- Tetesi larutan dengan methyl puple sebanyak 3-4 kali, titrasi dengan NaOH 0.001 N sampai warna berubah.
- Pada setiap pemeriksaan, yang digunakan sebagai blanko.

IV.4.6 POUR POINT (ASTM D-97)

1. Tujuan Pemeriksaan

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui besarnya temperatur terendah dimana minyak masih dapat mengalir apabila didinginkan pada kondisi tertentu.

2. Prinsip Pemeriksaan

Sejumlah sampel didinginkan dan setiap periode penurunan temperatur tertentu diperiksa. Pemeriksaan pour point pada temperatur tertinggi dimana bahan bakar sudah tidak dapat dituangkan.

3. Alat- alat yang diperlukan

- Test yar
- Thermometer
- Gabus penutup test yar
- Refrigerator bath dengan media pendingin alkohol

4. Prosedur

- a. Sampel dituangkan ke dalam test yar sampai tanda
- b. Tutup test yar kuat-kuat dengan gabus yang sudah ada thermometer.
- c. Panaskan sampel dalam test yar tersebut sampai 115°F , lalu dinginkan sampel tersebut dalam udara biasa sampai 90°F
- d. Masukkan test yar tersebut dalam jacket cooling batch
- e. Pada temperatur 20°F di bawah atau di atas yang ditafsirkan mulailah pembacaan dan ini dikerjakan berturut-turut 5°F ke bawah sampai pour point tercapai (bila sampel dimiringkan dengan kemiringan 5° dan selama 5 detik tidak ada aliran)
- f. Bila temperatur pour point sudah tercapai maka tambahkan 5°F dan catat pour pointnya

IV. 5 HASIL PENGUJIAN BAHAN BAKAR

1. Tempat pengambilan sampel : KM Caraka Jaya Niaga III/17
2. Tanggal pengambilan sampel : 5 Pebruari 1996
3. Tempat pengujian sampel : Laboratorium Pertamina UPDN V Surabaya
4. Tanggal pengujian sampel : 29 Pebruari-1 Maret 1996
5. Specific Gravity : 0.8722 pada $60/60^{\circ}\text{F}$

Tabel 4.2 Tabel Hasil pengujian

Test	Methode	Before Centri fuges	After single stage centrifuges
Viscosity Redwood I/100 °F, sec	Redwood I	55.3	42.5
Flash Poin, PM.CC . °F	ASTM D-93	-	175
Water Content, % vol.	ASTM D-95	3.2	0.1
Sulphur Content, %wt	ASTM D-1551	0.40	0.39
Colour ASTM	ASTM D-1500	>8.0	> 8.0
Pour Point, °F	ASTM D-97	-	28

IV. 6 HASIL PENGUJIAN PABRIK PEMBUAT SEPARATOR

Pengujian dilakukan oleh FOBAS,

Merk Separator : Westfalia Separator, Unitrol Systems

Viscositas bahan bakar : 410 cSt at 50 °C

Density bahan bakar : 1.007 kg/l at 15 °C

Tabel 4.3

Parameter	Before Centrifuge	After Single Stage centrifuge Separator	Percentage Renoval (%)
Water Content (%)	0.5	0.3	40
Ash	0.085	0.042	51
Silicon (ppm)	94	7	93
Aluminium (ppm)	69	6	91
Sodium (ppm)	82	61	26
Iron (ppm)	25	12	52
Calcium (ppm)	32	15	53

Hasil pengujian lain, yang dilakukan pada Alva laval, saat sea trial sebuah kapal, dengan menggunakan ALCAP system.

Viscosity bahan bakar : 4200 sec Redwood I at 100 °F

Density	: 1.013
CCR	: 13.1 %
Asphaltenes	: 3.8 %
Sulphur	: 2.9 %
Vanadium	: 110 ppm
Sodium	: 33 ppm
Silicon	: 32 ppm
Analisa oleh	: Sulzer Bros.Ltd

Tabel 4.3

Parameter	Before Separator	After Separator
Water (% mass)	3.0	1.2
Na (ppm)	34	30
Al (ppm)	18	4
Si (ppm)	33	10

IV.7 PEMBAHASAN MASALAH

Dari survey di bagian penjualan Pertamina UPDN V, bahwa harga MFO (minyak bakar) lebih murah dibandingkan dengan MFO. Saat ini kapal-kapal di Indonesia lebih banyak menggunakan MDF dibandingkan dengan MFO. PT. Pelayaran Meratus sedang melakukan penelitian dan menjajagi kemungkinan pemakaian minyak bakar pada armada kapal-kapalnya, hal ini bertujuan untuk menurunkan biaya operasional kebutuhan pemakaian bahan bakar. Seperti dijelaskan dalam bab-bab terdahulu bahwa sebagai konsekuensinya adalah membutuhkan

treatment tertentu pada sistem bahan bakarnya, dimana hal ini akan menambah biaya awal.

Dari hasil studi di KM. Caraka Jaya Niaga III/17 dalam trip Surabaya-Banjarmasin-Surabaya, bahwa bahan bakar yang digunakan adalah jenis MDF (minyak solar) dan separator yang digunakan adalah Mitsibushi type SJ 700. Type ini membutuhkan perawatan dalam pengoperasiannya agar hasil centrifuging menghasilkan bahan bakar yang baik. Separator dibersihkan dari sludge yang menempel pada dinding bowl dan pada bagian dalam yang kotor (secara manual), dikerjakan sesudah sampai di daerah tujuan. Hal ini menyebabkan peningkatan kualitas air dan kemungkinan terjadi kerusakan separator karena seringnya bongkar pasang. Peningkatan kadar kotoran dan air karena perawatan filter, saluran pipa dan tangki. Peralatan control yang hanya mengontrol temperatur kerja dan tekanan kerja. Separator ini secara prinsip hanya bekerja untuk proses purifikasi, dimana seharusnya juga butuh proses klarifikasi yang bertujuan untuk mengurangi kadar kandungan solid bahan bakar.

Dari hasil pengujian bahan bakar menunjukkan bahwa prosentasi kadar air sebelum melalui separator relatif tinggi, hal ini disebabkan karena adanya pembersihan secara manual pada separator tadi. Penurunan prosentase kandungan sulphur relatif kecil, bahkan bisa dikatakan tidak ada. Hal ini disebabkan proses centrifuge separator di kapal tersebut hanya untuk purifikasi.

Walaupun demikian dari tabel hasil pengujian dapat terlihat bahwa efisiensi separator menurunkan prosentasi kadar kandungan air relatif baik, juga dapat dilihat dari hasil pengujian flash point, dimana sebelum melalui separator bahan bakar tidak mempunyai angka flash point sedangkan setelah melalui separator bahan bakar tersebut mempunyai nilai flash point yaitu saat temperatur 175 °F. Untuk menjamin dalam mendapatkan kualitas bahan bakar yang baik jika bahan bakar jenis minyak bakar digunakan, penggunaan separator generasi terbaru, automatically - self cleaning centrifuge separator adalah hal yang paling tepat. Project guide main engine kapal tersebut sebenarnya (MAN B & W S 35 MC-terlampir) merekomendasikan separator yang digunakan , yaitu type :

- Alfa-LavalAlcap
- WestfaliaUnitrol
- MitsubishiE-Hidens II

Berikut penjelasan mengenai separator yang direkomendasikan oleh main engine builder.

IV.7.1 ALCAP - High Density Separator

Sejak akhir tahun empat puluhan Alfa-Laval telah mengembangkan purifier dan clarifier yang efisien untuk mengurangi kadar solid dan liquid dari bahan bakar. Tahun-tahun sebelumnya Alva Laval bekerja sama tentang pengujian terhadap efisiensi separator dengan engine builder dan oil companies. Hal ini

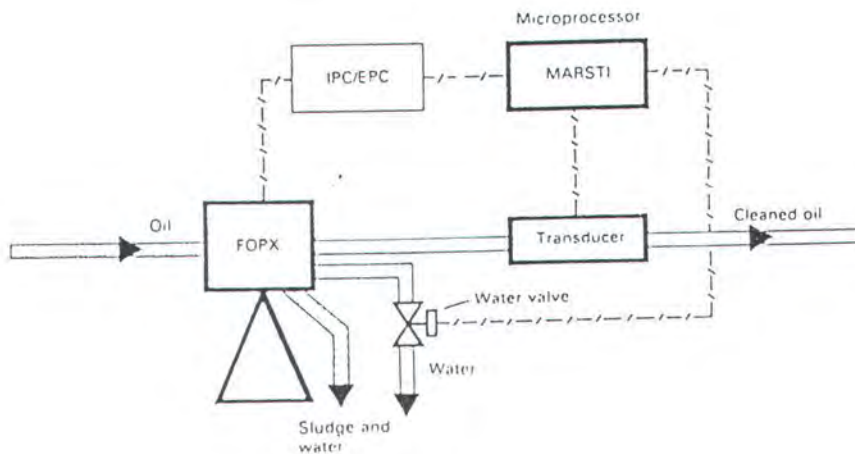
membuat Alfa-laval mengembangkan sistem separasi untuk bahan bakar jenis HFO yang di sebut ALCAP.

Tujuan utama dari sistem integrasi adalah sebagai berikut :

- Meningkatkan efisiensi separation terhadap air, solid dan sludge dengan penambahan batas limit density bahan bakar dari 0/991 sampai 1.01.
- Membuat pengoperasian lebih mudah dan lebih ahndal.
- Menbuat pembagian level dengan water seal.
- Memperlengkapi dengan automatically controlled.
- Untuk penggunaan pengembangan separator dengan mengkombinasikan fungsinya menjadi purifier dan clarifier sehingga dapat menggunakan single stage operation. (Tidak perlu menggunakan dua unit).

Konsep ALCAP system secara umum diilustrasikan dalam gambar 4.6, komponen utamanya adalah:

1. Type FPOX separator baru, tidak seperti Alfa Laval sebelumnya, tidak ada gravity disc.
2. Sebuah transduser waktu dipasang pada saluran pembersih minyak dalam separator. Hal ini untuk menentukan perubahan kandungan air yang dibersihkan dari minyak.
3. Transduser tersebut dihubungkan pada MARS 1 micro proccessor yang mengontrol keluaran (discharge) air yang dipisahkan dari FPOX separator bowl.



Gambar 4.6 Konsep umum dari Alfa-Laval ALCAP centrifuge system.

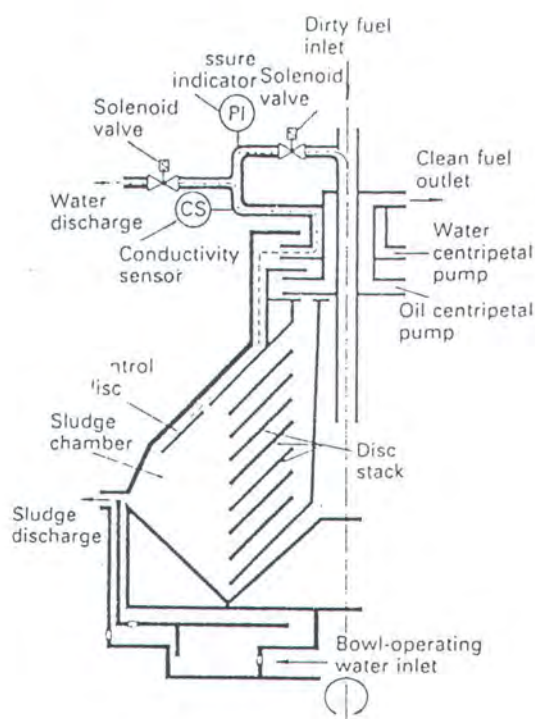
IV.7.2 WESTFALIA SEPARATOR

Westfalia adalah pembuat centrifugal terbesar kedua di dunia untuk treatment pada residual fuel, dalam tahun terakhir ini telah membuat penelitian secara ekstensif dan peningkatan kerja, terutama setelah tahun 1980, dengan menekankan pada peningkatan efisiensi centrifuges-nya, terutama dalam membersihkan bahan bakar yang viskositas dan density-nya relative tinggi yang sangat mengandung sejumlah benda-benda asing dalam mengantisipasi residual fuel craked yang kualitasnya semakin buruk.

Syarat utama untuk efisiensi centrifugal separator bahwa komponen yang bervariasi dalam kontaminasi liquid adalah perbedaan density sehingga pemisahan mekanik dapat terlaksana.

Unitrol centrifuge

Unitrol cnetrifuge adalah pengembangan dari secutrol clarifier. Pada unitrol system fluida dipompa oleh centripetal pump yang dikontrol oleh sensor conductivity. Ini didisai to merasakan perbedaan air dan minyak yang melalui mesin. Sehingga unitrol separator tidak membutuhkan ring dam sperti ditampilkan dalam gambar 4.7, dengan komponen utama yang diidentifikasi.



Gambar 4.7 Diagrammatic arrangment dari Westfalia Unitrol purifier/clarifier.

Kelebihan utama dari mesin unitrol adalah dapat dioperasikan untuk purifier ataupun clarifier, secara otomatis menyesuaikan pada fungsi keduanya tergantung kadar air dalam minyak kotor tersebut.

Pada waktu separator dinyalakan dan setelah proses de-sludging, ketika air dan sludge dikeluarkan dari bowl dan akan menutup kembali, secara tiba-tiba terisi dengan bahan bakar, termasuk dalam sludge chamber. Sensor conductivity akan merekam batas terbawah dari conductivity, sehingga tree-way solenoid valve dalam bagian pengukuran dari unit pengontrol tidak diaktifkan dan bahan bakar daur ulang kembali dari feed line mesin.

Air dalam bahan bakar akibat gaya centrifugal keluar menuju sludge chamber pada bowl periphery. Pada saat chamber menjadi penuh, air menuju disc separation bagian luar. Air yang dipisahkan keluar melalui centripetal pump dan melalui sensor conductivity, yang secara langsung merekam level conductivity tertinggi. Dengan mesin terbaru ini bahan bakar dengan density sampai sekita 1.05 g/ml dapat ditreatment.

BAB V

KESIMPULAN

Dari hasil studi lapangan dan studi laboratorium serta dari bab pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan adalah :

1. Separator generasi lama yang walaupun dari segi efisiensi pengurangan kadar air relatif baik, akan tetapi jika harus dibersihkan secara manual sehingga membuat penambahan jumlah prosentase kadar air dan juga akan menyebabkan percepatan kerusakan centrifuges tersebut. Selain itu hanya dapat melakukan satu proses (clarifier atau purifier) dan hanya dapat melakukan proses centrifuging pada bahan bakar yang densitynya relatif rendah (dalam hal ini MDF-Marine Diesel Fuel/ Minyak Diesel).
2. Minyak bakar yang diproduksi Pertamina dapat digunakan sebagai bahan bakar diesel engine (dengan alasan lebih ekonomis) akan tetapi sebagai konsekuensinya perlu suatu treatment sistem bahan bakar yang dapat menjamin kualitas bahan bakar tersebut agar pembakaran yang dihasilkan baik. Treatment sistem yang salah satunya adalah unit centrifuges separator juga harus sesuai dengan permintaan atau rekomendasi dari engine builder.
3. Separator generasi terbaru dengan penambahan alat kontrol dan sensor pada batas air dan minyak (inteface oil/water control) dapat melakukan centrifuging

lebih baik walaupun bahan bakar yang digunakan mempunyai density yang relatif lebih tinggi (sampai 1.01 g/ml). Type terbaru juga dapat melakukan proses purifikasi dan clarifikasi hanya dengan menggunakan satu unit.

DAFTAR PUSTAKA

1. 'ALCAP: A Separation System for Heavy Fuel Oil', Alva Laval Tech. Inform. Paper MT 8305-07, 1983.
2. *Annual Book of ASTM Standards*, Part 23, 1980
3. BOWDEN, J. K., 'Marine Diesel Oil Engines- A Manual of Marine Oil Engine Practice', James Munro & Co.Ltd, Glasgow, 1984.
4. 'Certificate of Calibration Viscometer No.100/W 739, W 740 & W 746.
5. CLARK, G. H., 'Industrial Marine Fuels Reference Book, Butterworth and Co, 1988.
6. CRAWFORD, J. 'Marine and Offshore Pumping and Piping System', Butterworths, 1981.
7. GOODGER, E. M., 'Hydrocarbon Fuels Production, Properties and Performance of Liquids and Gases, Cranfiel Institute of Technology, 1955.
8. '*IP standards for Petroleum and Its Products*', Methods for Analysis and Testing, Forth-Fifth Annual edition, Part I, 1986.
9. LODDENKEMPER, F. J., 'Treatment of Heavy Fuel Oils by Self Thinking Separator', Westfalia Separator AG-Document No. 9997-8737-000/0887, 1986.
10. LODDENKEMPER, F. J., 'Process Analysis for Heavy Oil Treatment using Automatically Controlled Centrifugal Separators: Evaluation of the Method', The Motor Ship, Inter. Mar. Prop. Conference, March 1984.
11. 'MAN-B&W's S35MC', Project Guide, 1994.
12. *Manual Instruction type OSA/OSB*, Westfalia Separator

-
13. *Mineral Oil Separator with self cleaning bowl*, Model OSC 4-02-066, Westfalia Separator.
 14. 'Mitsubishi Selfjector ', Manual Instruction, 1991.
 15. NELSON, W. L, 'Petroleum Refinery Engineering', McGraw-Hill, 1958
 16. *Oil and Sludge Treatment Concepts for Marine Power Plant Technology*, Westfalia Separator AG Brochure No. 997-8571-010/0894.
 17. PERTAMINA, 'Bahan Bakar Minyak Untuk Kendaraan Bermotor Diesel, Industri & Perkapalan, edisi 1991.
 18. POPRAWA, K., 'New Process Designs and Experiences in the Field of the New Generation of HFO Centrifuges and Plants,' The Motor Ship, Inter. Mar. Prop. Conference, March 1989.
 19. POPRAWA, K., ' The New Generation of HFO Centrifuges for Marine and Land-Based Power Plants,' Westfalia Separator AG.
 20. PURNAMA, S. 'Pemilihan Separator untuk HFO pada Kapal Type Caraka Jaya III', Tugas Akhir, FTK-ITS, Surabaya, 1988.
 21. SMITH, D. W, 'Marine Auxiliary Machinery', 6th edition, Butterworth, 1983.
 22. SUSIANA, P., ' Analisa Pemakaian Bahan Bakar Minyak pada Marine Diesel Engine', Tugas Akhir, FTK-ITS, Surabaya, 1987.
 23. WINKLER, M. F., 'Fuel and Fuel Treatment', Marine Engineering, Harrington, R.L, SNAME, 1992

TYPICAL TEST FIGURES BAHAN BAKAR MINYAK PERTAMINA.

Tests	MINYAK SOLAR	MINYAK DIESEL	MINYAK BAKAR
Strong Acid Number mg KOH/g	Nil	Nil	Nil
Flash Point PM cc °F	167	185	208
Pour Point °F	35	40	50
Sediment % wt	Nil	0.008	0.026
Specific Gravity 60/60°F	0.8373	0.8646	0.9492
Sulphur Content % wt	0.40	1.30	3.20
Viscosity Kin./100°F cS	4.50	—	—
Water Content % vol	Nil	0.02	0.10
Calorific Value, Gross kcal/ltr	9063	9270	9766
Visc. Redwood I, 100°F Second.	—	38.67	1160

ASTM D 396 - 80

Detailed Requirements for Fuel Oils^A

Grade of Fuel Oil	Flash Point, °C (°F)	Pour Point, °C (°F)	Water and Sediment, vol %	Carbon Residue on 10% Bottoms, %	Ash weight %	Distillation Temperatures, °C (°F)				Saybolt Viscosity, s ^D				Kinematic Viscosity, cSt ^D						Specific Gravity 60/60°F (deg API)	Copper Strip Corrosion	Sulfur, %	Bahan Bakar Minyak Pertamina yang mendekati
						10% Point	90 % Point	Universal at 38°C (100°F)		Furol at 50°C (122°F)		At 38°C (100°F)		At 40°C (104°F)		At 50°C (122°F)							
								Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min				
No. 1 A distillate oil intended for vaporizing pot-type burner and other burners requiring this grade of fuel	38 (100)	-18 ^C (0)	0.05	0.15	...	215 (420)	...	288 (550)	...	...	...	...	1.4	2.2	1.3	2.1	...	...	0.8499 (35 min)	No. 3	0.5	Minyak Solar
No. 2 A distillate oil for general purpose heating for use in burners not requiring No. 1 fuel oil	38 (100)	-6 ^C (20)	0.05	0.35	...	...	282 ^C (540)	338 (640)	(32.6)	(37.9)	...	...	2.0 ^C	3.6	1.9 ^C	3.4	...	...	0.8762 (30 min)	No. 3	0.5 ^B	Minyak Solar
No. 4 (Light) Preheating not usually required for handling or burning	38 (100)	-6 ^C (20)	0.50	...	0.05	...	...	...	(32.6)	(45)	...	...	2.0	5.8	...	...	...	...	0.8762 ^G (30 max)	...	...	Minyak Solar
No. 4 Preheating not usually required for handling or burning	55 (130)	-6 (20)	0.50	...	0.10	...	...	...	(45)	(125)	...	...	5.8	26.4 ^F	5.5	24.0 ^F	...	...	...	...	...	Minyak Diesel
No. 5 (Light) Preheating may be required depending on climate and equipment	55 (130)	...	1.00	...	0.10	...	...	...	(125)	(300)	...	...	> 26.4	65 ^F	> 24.0	58 ^F	...	...	...	...	...	—

LANJUTAN TABEL 3

Grade of Fuel Oil	Flash Point, °C (°F)	Pour Point, °C (°F)	Water and Sediment, vol %	Carbon Residue on 10% Bottoms, %	Ash, weight %	Distillation Temperatures, °C (°F)			Saybolt Viscosity, s ^D				Kinematic Viscosity, cSt ^D						Specific Gravity 60/60°F (deg API)	Copper Strip Corrosion	Sulfur, %	Bahan Bakar Minyak Pertamina yang mendekati
						10% Point	90% Point		Universal at 38°C (100°F)		Furoil at 50°C (122°F)		At 38°C (100°F)		At 40°C (104°F)		At 50°C (122°F)					
	Min	Max	Max	Max	Max	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Max	Max	Max	
No. 5 (Heavy) Preheating may be required for burning and in cold climates, may be required for handling	55 (130)	...	1.00	...	0.10	...	...	...	>300 ^F	(900)	(23)	(40)	>65	194 ^F	>58	166 ^F	(42)	(81)	...	...	...	Minyak Bakar
No. 6 Preheating required for burning and handling	60 (140)		2.00 ^E	...	...	...	...	...	>900 ^F	(9000)	>45 ^F	(300)	...	...	...	...	>92	638 ^F	...	...	...	Minyak Bakar

^A It is the intent of these classifications that failure to meet any requirement of a given grade does not automatically place an oil in the next lower grade unless in fact it meets all requirements of the lower grade.

^B In countries outside the United States other sulfur limits may apply.

^C Lower or higher pour points may be specified whenever required by conditions of storage or use. When pour point less than - 18°C (0°F) is specified, the minimum viscosity for grade No. 2 shall be 1.7 cSt (31.5 SUS) and the minimum 90% point shall be waived.

^D Viscosity values in parentheses are for information only and not necessarily limiting.

^E The amount of water by distillation plus the sediment by extraction shall not exceed 2.00%. The amount of sediment by extraction shall not exceed 0.50%. A deduction in quantity shall be made for all water and sediment in excess of 1.0 %.

^F Where low sulfur fuel oil is required, fuel oil falling in the viscosity range of a lower numbered grade down to and including No. 4 may be supplied by agreement between purchaser and supplier. The viscosity range of the initial shipment shall be identified and advance notice shall be required when changing from one viscosity range to another. This notice shall be in sufficient time to permit the user to make the necessary adjustments.

^G This limit guarantees a minimum heating value and also prevents misrepresentation and misapplication of this product as Grade No. 2.

^H Where low sulfur fuel oil is required, Grade 6 fuel oil will be classified as low pour + 15°C (60°F) max or high pour (no max). Low pour fuel oil should be used unless all tanks and lines are heated.

BS MA 100 : 1982 BRITISH STANDARD MARINE SERIES : SPECIFICATION FOR
PETROLEUM FUELS FOR MARINE OIL ENGINES & BOILERS

Properties of marine fuels

Property	Class M1	Class M2	Class M3	Class M4	Class M5	Class M6	Class M7	Class M8	Class M9	Class M10	Class M11	Class M12
Density at 15°C, g/mL, max.	—	0.9000	0.9200	0.9910	0.9910	0.9910	0.9910	0.9910	0.9910	—	—	—
Viscosity, kinematic, at 40°C, cSt.*												
min.	1.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
max.	5.50	11.00	14.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Viscosity, kinematic, at 80°C, cSt.* max.	—	—	—	15.00	25.00	45.00	75.0	100.0	130.0	75.0	100.0	130.0
Cetane index, min.	45	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Carbon residue, Ramsbottom, % (m/m), max.	—	0.25	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Carbon residue, Ramsbottom on 10 % residue, % (m/m), max.	0.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Carbon residue, Conradson, % (m/m), max.	—	—	—	12.0	14.0	20.0	22.0	22.0	22.0	—	—	—
Flash point, closed, Pensky-Martens, °C, min.	43.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
Water content, % (V/V), max.	0.05	0.25	0.30	0.50	0.80	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Sediment by extraction, % (m/m), max.	0.01	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ash, % (m/m), max.	0.01	0.01	0.05	0.10	0.10	0.15	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Sulphur content, % (m/m), max.	1.00	2.00	2.00	3.50	4.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Cloud point, °C, max.	−16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pour point, upper †, °C, max.												
(1 December to 31 March)	—	0	0	24	30	30	30	30	30	30	30	30
(1 April to 30 November)	—	6	6	24	30	30	30	30	30	30	30	30
Vanadium content, mg/kg, as V, max.	—	—	100	250	350	500	600	600	600	600	600	600
Bahan Bakar Minyak Pertamina yang mendekati.	Minyak Solar	Minyak Diesel	Minyak Diesel	—	Minyak Bakar	—	—	—	—	—	—	—

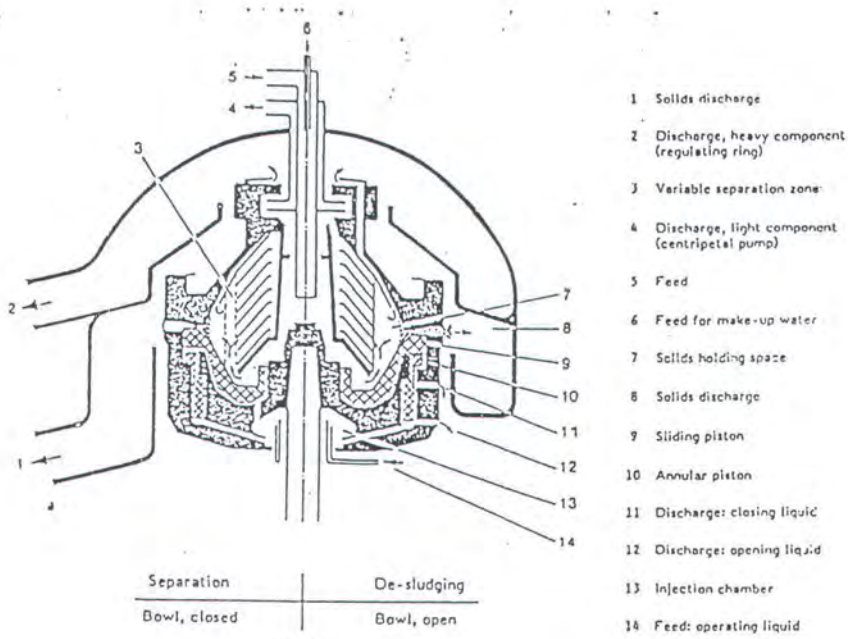
* 1cSt = 1 mm²/s

† The word 'upper' does not apply to classes M2 and M3.

Table 6.16 International Council on Combustion Engines (CIMAC) requirements for specification of Intermediate marine fuels, April 1982 (grades in bold type are recommended by CIMAC)

CIMAC Classification	CIMAC-1	CIMAC-2	CIMAC-3	CIMAC-4	CIMAC-5	CIMAC-6	CIMAC-7	CIMAC-8	CIMAC-9	CIMAC-10	CIMAC-11	CIMAC-12
ISO draft Standard,* Class	DM-100	RM-100	RM-100B	RM-100A	RM-150	RM-250	RM-250F	RM-350	RM-350K	RM-450	RM-450K	RM-550
BS M4100	M3	M4			M5		M6	M7	M10	M18	M11	M9
Old viscosity designation		1F-40	1F-40	1F-40	1F-80	1F-180	1F-180	1F-380	1F-380	1F-500	1F-500	
Density at 15 °C (g/ml) (max)	0.920	0.991	0.991	0.970	0.991	0.991	0.991	0.991		0.991		0.991
Kinematic viscosity at 40 °C (cSt) (max)	14.0											
Kinematic viscosity at 100 °C (cSt) (max)		10	10	10	15	25	25		35	45	45	45
Kinematic viscosity at 50 °C (approx) (cSt)† (max)		40	40	40	80	180	180		300	500	500	700
Rollwood J viscosity at 100 °F (approx) (cSt) (max)	80	300	300	300	600	1500	1500		3000	5000	5000	7000
PM closed flash point (°C) (min)	60	60	60	60	60	60	60		60	60	60	60
Pour point (approx) (°C)												
1 December 31 March (max)	0	24	24	0	30	30	30		30	30	30	30
1 April 30 November (max)	6	24	24	6	30	30	30		30	30	30	30
2.5												
Ramsbottom carbon residue (F _{max}) (max)												
Contradiction carbon residue (F _{max}) (max)		14	10	10	14	15	20		22	22	22	22
Ash content (F _{max}) (max)	0.05	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.15		0.20	0.20	0.20	0.20
Water content (F _{max}) (max)	0.30	0.50	0.50	0.50	0.80	1.0	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0
Sulphur content (F _{max}) (max)	2.0	3.5	3.5	3.5	4.0	5.0	5.0		5.0	5.0	5.0	5.0
Vanadium content (ppm) (mg/kg) (max)	100	300	150	150	350	200	500		600	600	600	600
Aluminium content (ppm) (mg/kg) (max)	30	30	30	30	30	30	30		30	30	30	30

* ISO Specification in draft stage only. Figures may be altered when Specification finalized.
† Kinematic viscosity at 50 °C not included in CIMAC Specification but included for convenience.
‡ Suitable test for determining aluminium content is under preparation.
§ Total existing sediment considered important; suitable ISO test method is being developed.
|| Ignition quality considered important, but no suitable test method currently available.



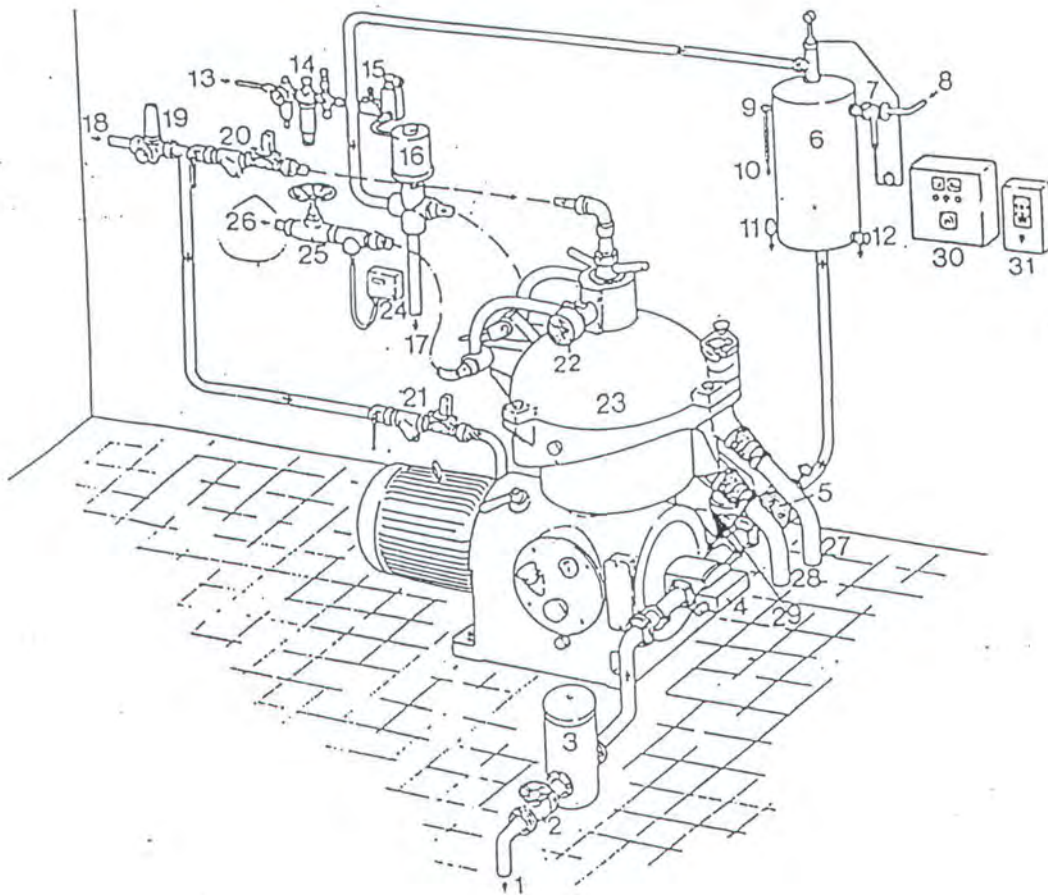


Fig. 0/6

- | | | | |
|----|-----------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Dirty oil feed | 18 | Feed |
| 2 | Shut off device | 19 | Pressure reducer |
| 3 | Pre-strainer | 20 | Feed connections with solenoid valve for filling and displacement water |
| 4 | Gear pump | 21 | Feed connections with solenoid valve for operating water |
| 5 | Pre-set valve | 22 | Pressure gauge |
| 6 | Steam-heated oil pre-heater | 23 | Separator |
| 7 | Automatic temperature control | 24 | Pressure switch |
| 8 | Steam inlet | 25 | Shut-off valve |
| 9 | Safety valve | 26 | Clean oil discharge |
| 10 | Leak oil to overflow tank | 27 | Water discharge |
| 11 | Condensate outlet | 28 | Operating-water discharge |
| 12 | Drain and vent cock | 29 | Sludge discharge |
| 13 | Compressed air | 30 | Motor control |
| 14 | Compressed-air control unit | 31 | Control unit |
| 15 | Throttle valve and 3-way solenoid valve | | |
| 16 | 3-way piston valve | | |
| 17 | Return to tank | | |

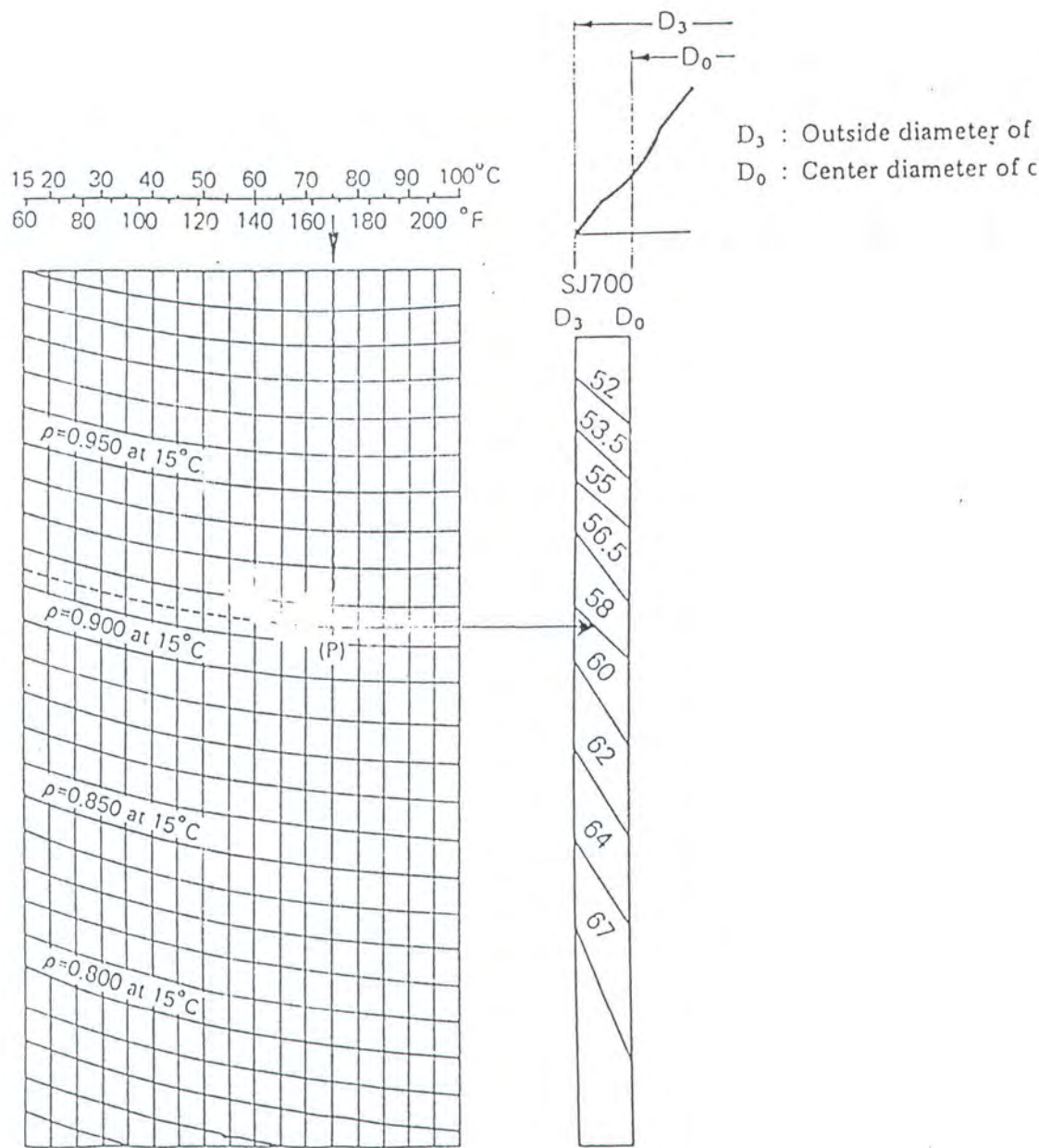


Fig. 5-1

el oil

rine diesel oil:

Marine diesel oil ISO 8217, Class DMB
British Standard 6843, Class DMB
Similar oils may also be used

vy fuel oil (HFO)

st commercially available HFO with a viscosity
ow 700 cSt at 50 °C (7000 sec. Redwood I at
°F) can be used.

guidance on purchase, reference is made to ISO
7, British Standard 6843 and to CIMAC recom-
ndations regarding requirements for heavy fuel
diesel engines, third edition 1990, in which the
imum acceptable grades are RMH 55 and K55.
above-mentioned ISO and BS standards super-
e BSMA 100 in which the limit was M9.

data in the above HFO standards and specifi-
ons refer to fuel as delivered to the ship, i.e.
ore on board cleaning.

order to ensure effective and sufficient cleaning
ne HFO i.e. removal of water and solid contami-
ts – the fuel oil specific gravity at 15 °C (60 °F)
uld be below 0.991.

her densities can be allowed if special treatment
ems are installed.

rent analysis information is not sufficient for
nating the combustion properties of the oil. This
ins that service results depend on oil properties
h cannot be known beforehand. This especially
lies to the tendency of the oil to form deposits
ombustion chambers, gas passages and tur-
s. It may, therefore, be necessary to rule out
e oils that cause difficulties.

Guiding heavy fuel oil specification

Based on our general service experience we have,
as a supplement to the above-mentioned stand-
ards, drawn up the guiding HFO specification
shown below.

Heavy fuel oils limited by this specification have, to
the extent of the commercial availability, been used
with satisfactory results on MAN B&W two-stroke
slow speed diesel engines.

The data refers to the fuel as supplied i.e. before any
on board cleaning.

Property	Units	Value
Density at 15°C	kg/m ³	≤ 991*
Kinematic viscosity		
at 100 °C	cSt	≤ 55
at 50 °C	cSt	≤ 700
Flash point	°C	≥ 60
Pour point	°C	≤ 30
Carbon residue	% (m/m)	≤ 22
Ash	% (m/m)	≤ 0.15
Total sediment after ageing	% (m/m)	≤ 0.10
Water	% (V/V)	≤ 1.0
Sulphur	% (m/m)	≤ 5.0
Vanadium	mg/kg	≤ 600
Aluminum + Silicon	mg/kg	≤ 80

m/m = mass V/V = volume

*) May be increased to 1.010 provided adequate
cleaning equipment is installed, i.e. modern type of
centrifuges.

If heavy fuel oils with analysis data exceeding the
above figures are to be used, especially with regard
to viscosity and specific gravity, the engine builder
should be contacted for advice regarding possible
fuel oil system changes.

DATA-DATA HASIL PENGUJIAN BAHAN BAKAR**I. Tabel Hasil Pengujian 1**

1. Tempat pengujian sampel : Laboratorium Pertamina UPDN V Surabaya
2. Specific Gravity : 0.875 pada 60/60 ° F

Test	Methode	Before Centri fuges	After single stage centrifuges
Viscosity Redwood I/100 ° F, sec	Redwood I	57	43.8
Flash Point, PM.CC ° F	ASTM D-93	-	174
Water Content, % vol.	ASTM D-95	2.5	0.1
Sulphur Content, %wt	ASTM D-1551	0.38	0.38
Colour ASTM	ASTM D-1500	>8.0	> 8.0
Pour Point, ° F	ASTM D-97	-	25

2. Tabel Hasil Pengujian 2

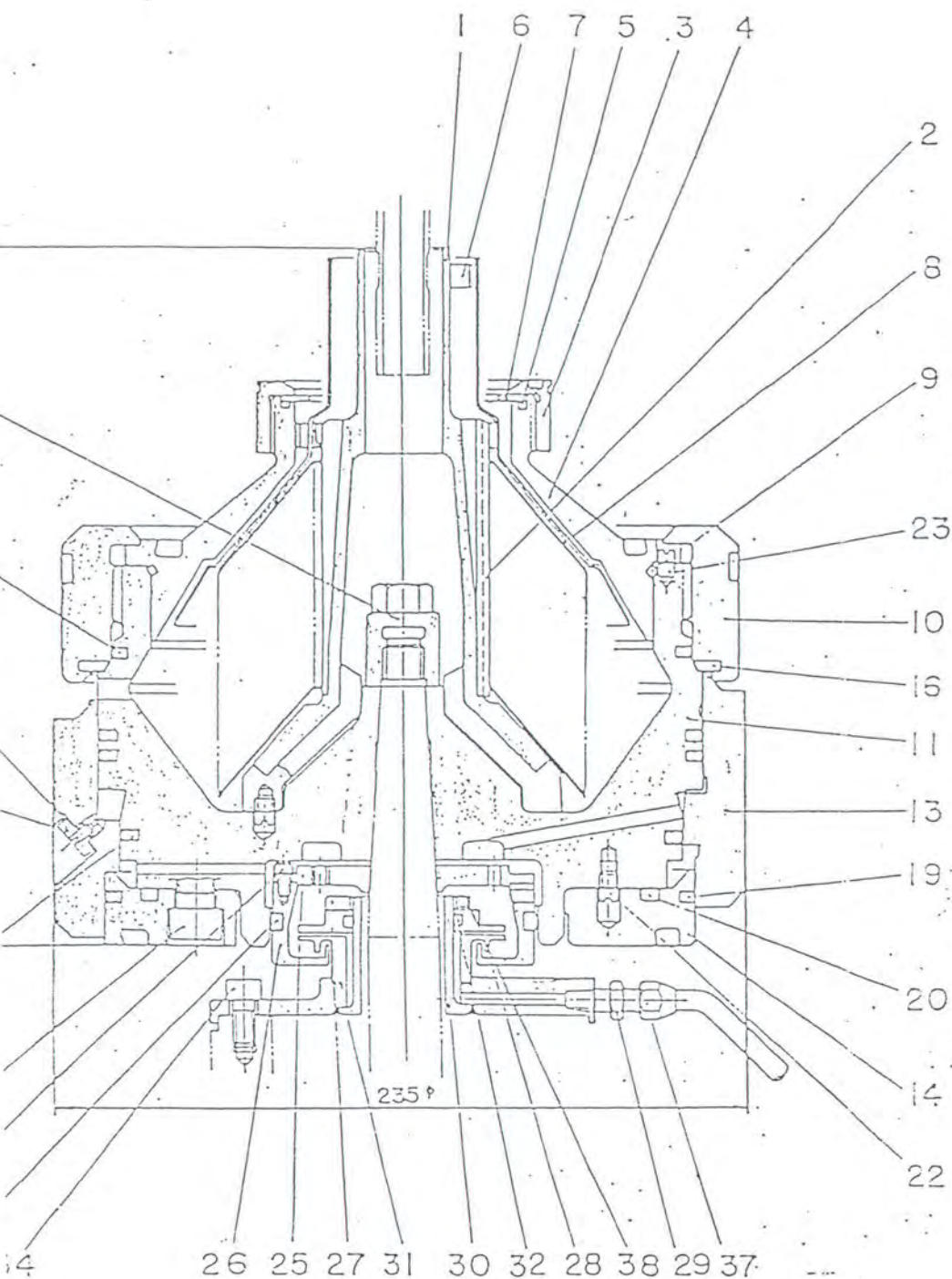
1. Specific Gravity : 0.8773 pada 60/60 ° F

Test	Methode	Before Centri fuges	After single stage centrifuges
Viscosity Redwood I/100 ° F, sec	Redwood I	42.5	39.8
Flash Point, PM.CC ° F	ASTM D-93	-	173
Water Content, % vol.	ASTM D-95	2.5	0.1
Sulphur Content, %wt	ASTM D-1551	0.41	0.395
Colour ASTM	ASTM D-1500	>8.0	> 8.0
Pour Point, ° F	ASTM D-97	-	25

3. Tabel Hasil Pengujian 3

1. Specific Gravity : 0.8699 pada 60/60 ° F

Test	Methode	Before Centri fuges	After single stage centrifuges
Viscosity Redwood I/100 ° F, sec	Redwood I	43	38.67
Flash Point, PM.CC ° F	ASTM D-93	-	170
Water Content, % vol.	ASTM D-95	2.0	0.08
Sulphur Content, %wt	ASTM D-1551	0.41	0.395
Colour ASTM	ASTM D-1500	>8.0	> 8.0
Pour Point, ° F	ASTM D-97	-	28



Bowl Weight 30kg

1	Distributor	分岐管	0781015	1	Stainless casting	SUS 13	
2	Key	キー	0781003	1	Stainless steel	SUS 304	
3	Disc nut	ディスクナット	0781038	1	Structural steel	SS	Cr 13%
4	Bowl hood	回転止蓋	0781002	1	Carbon steel	S35C	
5	O ring for gravity disc	重力板Oリング	18118	1	Rubber	合成ゴム	83°
6	Top disc	水封板	5781005	1	Stainless steel	SUS 304	
7	Gravity disc	重力板	*	1 set	Stainless steel	SUS 304	
8	Disc	分岐板	208132	Co. 61	Stainless steel	SUS 304	
9	O ring 170°	170°Oリング	208120	1	Rubber	合成ゴム	
10	Bowl nut	回転止ナット	0781001	1	Carbon steel	S45C	
11	Bowl body	回転止体	0781007	1	Special stainless steel	—	
12	Cap nut	分岐ナット	0781005	1	Stainless steel	SUS 403	
13	Valve cylinder	弁シリンダ	0781008	1	Special stainless steel	—	
14	Bowl ring	回転止リング	0781012	1	Special stainless steel	—	
15	Socket cap screw	六角ボルト	(M12X20)	16	Alloy steel	合金鋼	
16	Main seal ring	弁パッキン	208115	1	Rubber	合成ゴム	
17	O ring 190°	190°Oリング	0781014	1	Rubber	合成ゴム	
18	O ring 190°	190°Oリング	0781014	1	Rubber	合成ゴム	
19	O ring 200°	200°Oリング	0781005	3	Rubber	合成ゴム	
20	O ring 168°	168°Oリング	0781011	1	Rubber	合成ゴム	
21	Plug screw with nozzle	分岐ノズル	0781010	2	Brass	黄銅	
22	Knock pin	ノックピン	208506	2	Stainless steel	SUS 403	8°x11L
23	Knock pin	ノックピン	98504	1	Stainless steel	SUS 403	6°x11L
24	Sheet packing	シートパッキン	0781009	2	Fiber	繊維	0.5°x13°/3
25	Water chamber cover	分水室蓋	0716002	1	Bronze casting	BC	
26	Water chamber	分水室	0716007	1	Bronze casting	BC	
27	Operating water disc retainer	分水板留	0716003	1	Bronze casting		
28	Operating water disc	分水板	0716006	1	Bronze casting	BC	
29	Half union	ハーフユニオン	0716011	2	Brass	黄銅	
30	Distributing nozzle	分水ノズル	0716010	1	Bronze casting	BC	
31	Sheet packing	シートパッキン	0716009	1	V-1500	—	0.8°x45°/3
32	O ring	Oリング	0716005	1	Rubber	合成ゴム	JIS B2401 P 3.5
33	O ring	Oリング	0716008	1	Rubber	合成ゴム	JIS W1516 AN5227-41
34	Socket cap screw	六角ボルト	(M8X18)	3	Chromium molybdenum steel	SCM	
35	Hexagon headed bolt	六角ボルト	(M4X8)	6	Stainless steel	SUS 304	
36	Tongued washer	両舌付垫金	0716001	6	Stainless steel	SUS 304	
37	Copper tube	銅管	0716012	1	Copper tube	Cu	
38	Locking washer	ロックワッシャー	0716004	1	Stainless steel	SUS 304	

* See the list of gravity discs.

SECTIONAL VIEW OF BOWL ASSEMBLY



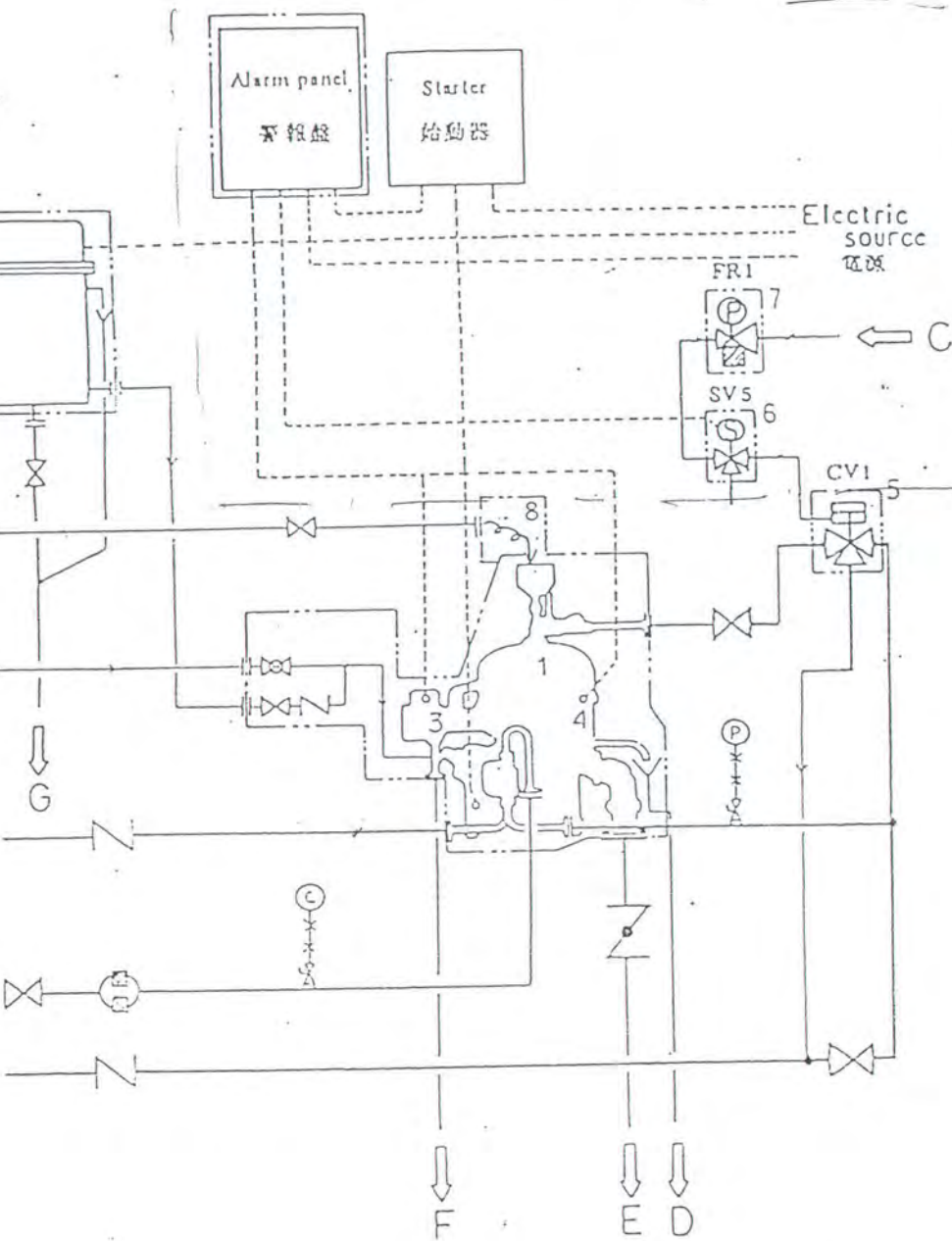
MITSUBISHI
KAKOKI KAISHA LTD.

CHECKED BY

DESIGNED BY *R. Takahashi*

DRAWN BY *J. Ohashi*

SCALE *1/2*



1	SELFJECTOR セルフジェクタ
2	Operating Water tank 作動水タンク
3	Water flow relay 水流検知器
4	Sludge discharge switch スラッジ排出検知器
5	Feed valve 原 油 弁
6	3-way solenoid valve 三方口電磁弁
7	Air filter regulator エアフィルタ・レギュレータ
8	Hose for Sealing water

A	Dirty oil inlet 原 油 入 口	(F.O.: from Settling tank. セツリングタンクから L.O.: from Sump tank サンプタンクから)
B	Purified oil outlet 清 油 出 口	(F.O.: to Service tank. サービスタンクへ L.O.: to Sump tank サンプタンクへ)
C	Compressed air inlet 圧縮空気入口	(5.0 ~ 10.0 Kg/cm ²)
D	Operating water drain 作動水ドレン	
E	Sludge outlet スラッジ出口	
F	Water outlet 水 (重油) 出口	
G	Tank drain タンクドレン	
H	Water inlet 水 入 口	(2.0 ~ 5.0 Kg/cm ²)
I	Circulation 循環	(F.O.: to Settling tank セツリングタンクへ L.O.: to Sump tank サンプタンクへ)

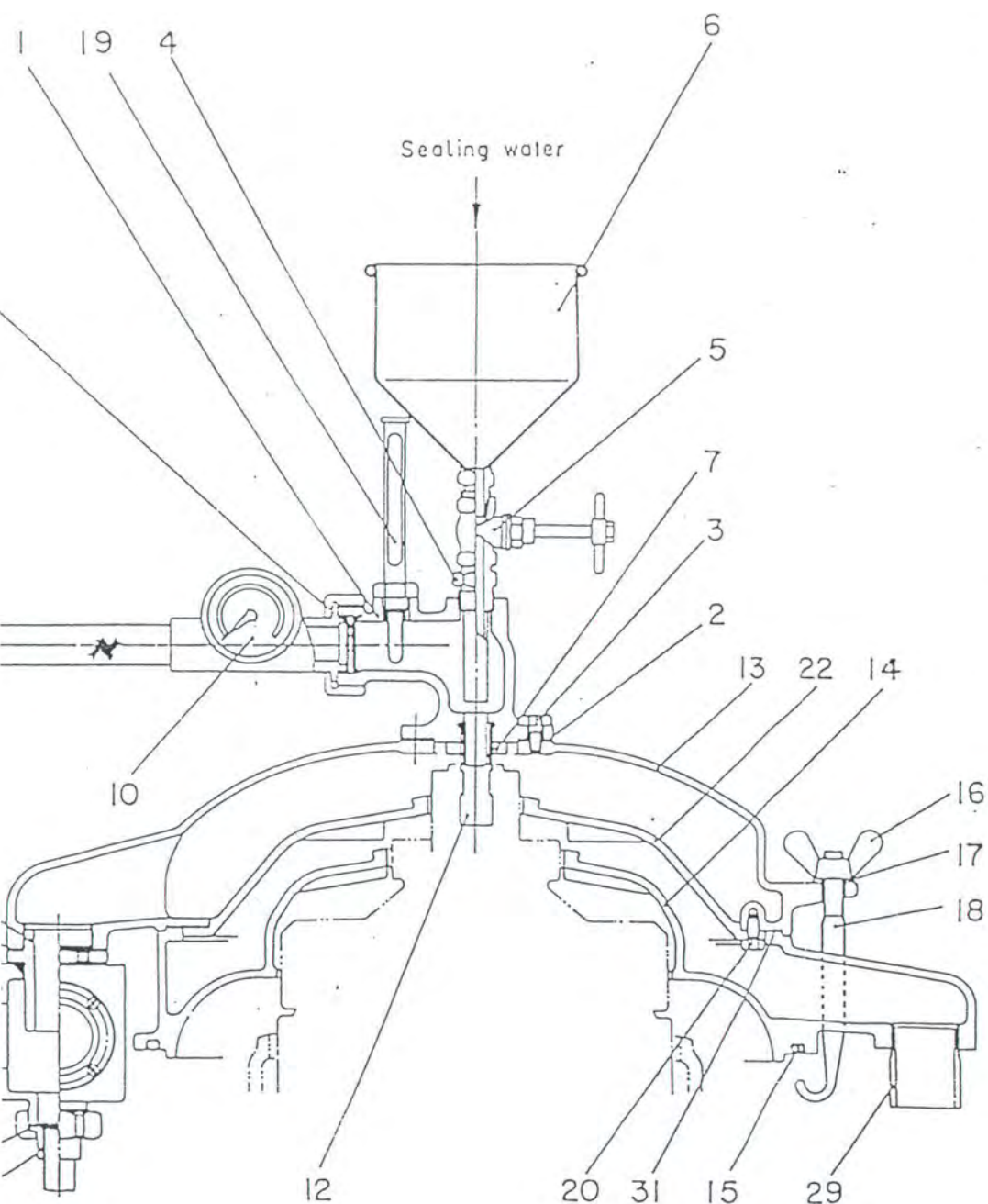
3. Symbol
記 号

	Globe valve 球 形 弁		Single type strainer 単式こし器
	Ball valve 球 弁		Duplex type strainer 複式こし器
	Cock コック		Pressure gauge 圧 力 計
	Check valve 逆 止 弁		Compound gauge 複 成 計
	Butterfly valve バタフライ弁		Oil line 油 配 管
	2-way solenoid valve 二方口電磁弁		Sludge & drain line スラッジ及びドレン配管
	3-way solenoid valve 三方口電磁弁		Water line 水 配 管
	3-way cylinder valve 三方口シリンダー弁		Air line 空 気 配 管
	Air filter regulator エアフィルタ・レギュレータ		Capillary tube 細 管
	Y type strainer Y形ストレーナ		Electric wiring 電 気 配 線

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">E</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">D</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">C</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">B</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">A</div> </div> <div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">NO.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">DESCRIPTION</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">DATE</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">DRAWN</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">CHKD.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">APPR.</div> </div> </div>						<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">SCALE</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">DRAWN BY & DATE</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">CHKD. BY & DATE</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">APPR. BY</div> </div> <div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">NO. RECD.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">DATE</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">DATE</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">CHIEF DESR.</div> </div> <div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">JOB NO.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">DOC. NO.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">DWG. NO.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">REV</div> </div> </div>					
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">E</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">D</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">C</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">B</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">A</div> </div> <div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">NO.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">DESCRIPTION</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">DATE</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">DRAWN</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">CHKD.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">APPR.</div> </div> </div>						<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">SCALE</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">DRAWN BY & DATE</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">CHKD. BY & DATE</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">APPR. BY</div> </div> <div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">NO. RECD.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">DATE</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">DATE</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">CHIEF DESR.</div> </div> <div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">JOB NO.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">DOC. NO.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">DWG. NO.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">REV</div> </div> </div>					

MITSUBISHI KAKOKI KAISHA LTD

FLOW DIAGRAM
(SJ700 AP MANUAL)



NO.	PART NAME	部品名称	PART NO.	数量	MATERIAL	REMARKS
1	Feed inlet housing	原液入口金具	0724025	1	Cast iron	FC25
2	Sheet packing	シートパッキング	0724011	1	V #1500	— 08x ¹ 30/50
3	Bolt	ボルト	(M8x16)	4	Structural steel	SS
4	Water inlet pipe	封水ノズル	0724003	1	Stainless steel	SUS 304
5	Globe valve	球状止弁	0724002	1	Bronze casting	BC 3/8B
6	Measuring hopper	計量ホッパ	0724001	1	Steel sheet	SPC
7	Lock nut	ロックナット	0724013	1	Stainless steel	SUS 304
8	Orifice	オリフィス	0724007	1	Structural steel	SS
9	Sheet packing	シートパッキン	0724027	2	V #1500	— 08x ¹ 32/730
10	Flow indicator (pressure gauge)	流量指示圧力計	0724008	1	—	—
11	Feed inlet pipe	原液入口管	0724043	1	Stainless steel	SUS 304 Flexible tube
12	Feeder	フィーダ	0724012	1	Stainless steel pipe	SUS 304
13	Upper trap	トラップ上部	0724045	1	Aluminium alloy casting	AC4C -F
14	Lower trap	トラップ下部	0724046	1	Aluminium alloy casting	AC4C -F
15	Trap packing	トラップパッキン	202303	1	Rubber	B.F. コム
16	Butterfly nut	蝶ナット	202362	4	Malleable iron casting	FCM Cr メッキ
17	Washer	座金	(M12)	4	Structural steel	SS Cr メッキ
18	Locking bolt	締付ボルト	0724049	4	Structural steel	SS
19	Thermometer	温度計	S724008	1	—	— 0~150°
20	Bolt	ボルト	(M8x14)	8	Structural steel	SS
21	"O" ring	"O" リング	0724021	1	Rubber	ホムコム
22	Trap dish	トラップ皿	0724047	1	Aluminium alloy casting	AC4C -F
23	Sight glass retainer	視窓ガラス押え	12261	2	Structural steel	SS
24	Round head screw	丸小ネジ	(M4x12)	8	Structural steel	SS
25	Sheet packing	シートパッキン	0711005	4	V #1500	— 08x ¹ 48/40
26	Sight glass	視窓ガラス	51119	2	Glass	ガラス
27	Joint	継手	0752019	1	Aluminium alloy casting	AC4C -F
28	Oil outlet hopper	軽液ホッパ	0724048	1	Aluminium alloy casting	AC4C -F
29	Water discharge nozzle	重液ノズル	0724050	1	Carbon steel pipe	STPG
30	Sheet packing	シートパッキン	0752020	2	V #1500	— 10x ¹ 632/20
31	Sheet packing	シートパッキン	0724051	1	V #1500	— 10x ¹ 6370/318
32	Purified oil outlet pipe	軽液出口管	0752018	1	Copper tube	CuT
33	Sheet packing	シートパッキン	0752021	1	V #1500	— 10x ¹ 55/42

SECTIONAL VIEW OF PURIFIER TRAP

Na1, Na2
FUEL OIL PURIFIER



MITSUBISHI
KAKOKI KAISHA LTD.

CHECKED BY
DESIGNED BY H. Takishima
DRAWN BY F. Ofagawa

SCALE

